

Proyecto de Fin de Carrera

**MEJORA DE PROCESOS EN LA SECCIÓN  
DE LIMPIEZA DE PIEZAS AERONÁUTICAS  
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC.**



**Ingeniería Industrial. Organización industrial.**

*Universidad Carlos III de Madrid*

*Tutores:*

*Ainhoa Díaz Beorlegui (ITP)*

*Bernardo Prida Romero (uc3m)*

*Autor:*

*Ana González Sologuren*

*Leganés, Marzo, 2014*

## AGRADECIMIENTOS

*“En primer lugar quiero agradecer a mis padres y mi hermana que me han apoyado en todo momento y han requerido de una paciencia inmensa para entender mis obstáculos y preocupaciones.*

*A Sergio, por demostrarme cada día que es una pieza fundamental en mi vida y ha estado a mi lado en los momentos más difíciles. Ha sido fundamental la alegría y motivación que ha conseguido impregnar a mi vida.*

*A mis amigos de la universidad, por su ayuda con las prácticas y exámenes y por hacer más amenas las clases y horas de estudio a lo largo de estos años. A todos mis amigos por su apoyo incondicional.*

*Quiero agradecer la oportunidad que me han brindado de realizar las prácticas en ITP. También agradecer a Ainhoa Díaz Beorlegui y a Fernando Sancho Reviejo la orientación, seguimiento y supervisión del trabajo en la empresa como de este proyecto, así como la motivación y apoyo recibido durante este tiempo. No quiero olvidarme de todos los compañeros del trabajo, que me han ayudado, comprendido y enseñado la vida laboral y han hecho agradable mi estancia en la empresa.*

*A mi tutor de la universidad, Bernardo Prida Romero, por escucharme y guiarme durante la carrera y la realización de esta memoria.*

*Por último, me gustaría ofrecer esta memoria, como símbolo del fin de la carrera de ingeniería industrial, a mis abuelos Juan Sologuren y Carmen Pérez, por su incondicional confianza depositada en mí y su fe ciega en creer que este fin llegaría.*

*Gracias.”*

*“Si he visto más lejos ha sido porque he subido a hombros de gigantes”*

Isaac Newton

## **RESUMEN**

Tras la crisis que existe en el mundo, y especialmente nuestro país, se requiere tomar decisiones empresariales de gran importancia para poder competir en el mercado y más aún si se desea mejorar o ampliar la cuota de mercado. Debido a esto son vitales estas decisiones que determinarán el futuro, no muy lejano, de las empresas. Así, la situación económica actual es el principal motivo por el que se ha precipitado la inversión en la mejora de procesos, de los productos y de los servicios que ofrecen las empresas al mercado.

Este trabajo, que tiene como objetivo final disminuir el lead time en la sección de limpieza de la empresa, forma parte de un proyecto más ambicioso, disminuir el lead time total (tiempo transcurrido desde que entra hasta que sale un motor en la empresa). Éste es un proceso de mejora continua, por lo que sus consecuencias se deben analizar a largo plazo, aunque algunas se pueden apreciar a corto plazo, que serán sobre todo las expuestas en este documento.

La cualidad de esta sección respecto al resto de la empresa es que en ella confluyen todos los motores, por esta razón se convierte en el cuello de botella y motivo de este estudio.

De esta manera en este documento se presenta en primer lugar la explicación de la metodología DMAIC y de la empresa, tras esto se expone el procedimiento en el mantenimiento de motores y en la sección. A continuación se aplica la metodología en ella, describiendo exhaustivamente los estudios realizados y los resultados obtenidos, y por último, se presenta los posibles caminos para proseguir el proyecto principal.

Se hace necesario mencionar que este Proyecto de Fin de Carrera se ha podido realizar en ITP, Industria de Turbo Propulsores, S.A. gracias a los convenios que tiene firmados la Universidad Carlos III de Madrid con Empresas e Instituciones Colaboradoras.

## **ABSTRACT**

Under the crisis that actually exists in the world, especially in our country, is necessary to take great and important business decisions to be able to compete in the industrial sector, and even more if you want to improve or expand market share. Because of this, the decisions taken today and that will determine the future, not too distant, of the companies are vital. Thereby, the current economic situation is the main reason why investment in improving processes, products and services offered by companies to the market has precipitated.

The main objective of this Final Degree Project is reduce the lead time in the cleaning section of ITP, where I carried out the engineering industrial organization internships. This project is part of a more ambitious consisting of a reduction in the overall lead time (elapsed time since an engine comes until it leaves of the company). This is a process of continuous improvement, so that its consequences should be analyzed long-term. However, some of them can be seen in the short-term and therefore will be outlined in this document.

The main quality and weak point of the cleaning section in ITP, compared to the rest of the sections of the company, is that in it converges all engines that the company receives. For this reason, this section becomes a bottleneck and therefore it will be cause study in this project.

In this document will be discussed first the DMAIC methodologies and of the company. Once introduced, it will continue with the procedure for engine maintenance in the section. Completed this, the DMAIC methodology will be applied in the own section clean describing exhaustively the studies carried out, the results obtained, and finally, the possible ways to continue the main project.

Finally, it is worth mentioning that I could to carry out this Final Degree Project in ITP Company, Aero Engines and Turbines Manufacturer, thanks to conventions which have signed the University Carlos III of Madrid with companies and collaborating institutions.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1. OBJETIVOS .....	13
1.1.1. Objetivos del proyecto.....	13
1.1.2. Objetivos personales.....	13
1.2. METODOLOGÍA: DMAIC .....	15
1.2.1. Define (Definir) .....	19
1.2.2. Measure (Medir).....	30
1.2.3. Analysis (Analizar).....	38
1.2.4. Improvement (Mejorar) .....	49
1.2.5. Control (Controlar) .....	50
1.3. PLAN DE PROYECTO .....	57
1.4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO .....	59
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL SECTOR.....</b>	<b>61</b>
2.1. HISTORIA DE LA EMPRESA.....	61
2.2. PRODUCTO/SERVICIO .....	64
2.3. COMPETENCIA NACIONAL E INTERNACIONAL.....	67
2.4. MERCADO .....	72
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL Y ENTORNO A LA SECCIÓN.....</b>	<b>77</b>
3.1. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO DE MOTORES .....	77
3.2. PROCESO GENERAL.....	80
3.3. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	93
<b>4. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA EN LA SECCIÓN DE LIMPIEZA ...</b>	<b>96</b>
<b>5. DMAIC EN LIMPIEZA .....</b>	<b>105</b>
5.1. DEFINICIÓN .....	105
5.1.1. Clarificar el propósito.....	105
5.1.2. Mapa de procesos .....	105
5.1.3. Mapa de procesos de alto nivel (SIPOC).....	107
5.1.4. Lay Out inicial .....	110
5.1.5. Diagrama de spaguettis inicial.....	112

5.2. MEDIDA .....	114
5.2.1. Video .....	114
5.2.2. Planificación del trabajo .....	114
5.2.3. Recoger nuevos datos .....	115
5.3. ANÁLISIS .....	116
5.3.1. Análisis de videos .....	116
5.3.2. Análisis de incurridos .....	117
5.3.3. Análisis del proceso efectivo del trabajo .....	118
5.3.4. VOC .....	119
5.3.5. DAFO .....	119
5.4. MEJORAS .....	121
5.4.1. Generar lista de posibles mejoras .....	121
5.4.2. SMED .....	130
5.4.3. Evaluar riesgos .....	131
5.4.4. Implementar .....	132
5.4.5. 5S .....	150
5.5. CONTROL .....	154
5.6. RESUMEN FINAL .....	157
<b>6. RESULTADOS ESPERADOS Y OBTENIDOS .....</b>	<b>160</b>
6.1. ANÁLISIS COSTE/BENEFICIO .....	160
6.2. MEJORAS CON INDICADORES NO ECONÓMICOS .....	161
6.3. OTRAS VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	163
<b>7. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS .....</b>	<b>165</b>
7.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....	165
7.2. CONCLUSIONES PERSONALES .....	166
7.3. FUTUROS DESARROLLOS .....	167
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>168</b>
8.1. RECURSOS WEB .....	168
8.2. OTROS DOCUMENTOS CONSULTADOS .....	169
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>I</b>
I. ACRÓNIMOS .....	I
II. 6SIGMA .....	III
III. KAIZEN .....	VIII

IV. 5S .....	XIII
V. SMED (Single Minute Exchange of Die) .....	XX
VI. TPM.....	XXV
VII.ACTIVIDADES DE LAS EMPRESAS AERONÁUTICAS ESPAÑOLAS..	XXX
VIII. LISTADO DE EMPRESAS QUE COMPONEN ITP.....	XXXVII
IX. LISTADO DE EMPRESAS AERONÁUTICAS ESPAÑOLAS.....	XXXIX



## INDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1.1. DMAIC</i> .....	16
<i>Ilustración 1.2. Pasos para aplicar la metodología DMAIC</i> .....	17
<i>Ilustración 1.3. Proceso universal de solución de problemas</i> .....	18
<i>Ilustración 1.4. Tabla de símbolos para el diseño de un diagrama de flujo</i> .....	20
<i>Ilustración 1.5. SIPOC</i> .....	21
<i>Ilustración 1.6. QFD</i> .....	22
<i>Ilustración 1.7. Casa de la calidad</i> .....	23
<i>Ilustración 1.8. Diagrama de afinidad</i> .....	24
<i>Ilustración 1.9. Diagrama de Kano</i> .....	25
<i>Ilustración 1.10. Esquema para entender la VOC</i> .....	26
<i>Ilustración 1.11. Fases y metodologías de la VOC</i> .....	27
<i>Ilustración 1.12. Business Case</i> .....	28
<i>Ilustración 1.13. Fases y pasos del Business Case</i> .....	28
<i>Ilustración 1.14. Diagrama de Gantt</i> .....	29
<i>Ilustración 1.15. Cartas de tendencias de 3 operadores.</i> .....	31
<i>Ilustración 1.16. Diagrama de control</i> .....	32
<i>Ilustración 1.17. Análisis de la Capacidad del Proceso</i> .....	33
<i>Ilustración 1.18. Sigma del proceso</i> .....	34
<i>Ilustración 1.19. Gráfica lineal de frecuencia</i> .....	35
<i>Ilustración 1.20. Diagrama de barras de frecuencia</i> .....	35
<i>Ilustración 1.21. Gráfica circular de frecuencia</i> .....	36
<i>Ilustración 1.22. Histograma</i> .....	37
<i>Ilustración 1.23. Diagrama de causa y efecto</i> .....	38
<i>Ilustración 1.24. Diagrama árbol</i> .....	39
<i>Ilustración 1.25. Tipos de diagrama de dispersión</i> .....	40
<i>Ilustración 1.26. FMEA</i> .....	42
<i>Ilustración 1.27. Etapas AMEF</i> .....	43
<i>Ilustración 1.28. Estratificación de histogramas</i> .....	44
<i>Ilustración 1.29. Correlación y recta de regresión</i> .....	45
<i>Ilustración 1.30. Fórmula de Chi Cuadrado</i> .....	45
<i>Ilustración 1.31. Chi Cuadrado, aceptación o rechazo de la hipótesis</i> .....	46
<i>Ilustración 1.32. Diseño de Experimentos</i> .....	46
<i>Ilustración 1.33. Matriz de prioridades</i> .....	47
<i>Ilustración 1.34. DAFO</i> .....	48
<i>Ilustración 1.35. Análisis de Campo de Fuerza</i> .....	48
<i>Ilustración 1.36. Tabla de Esfuerzo-Impacto</i> .....	49
<i>Ilustración 1.37. Niveles Máximo y Mínimo</i> .....	52
<i>Ilustración 1.38. Contenedores</i> .....	52
<i>Ilustración 1.39. Semáforo</i> .....	53

<i>Ilustración 1.40. Antes y después de aplicar las 5S .....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 1.41. Metodología DMAIC.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 1.42. Plan de elaboración del proyecto .....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 2.1. Planta ITP de Ajalvir .....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 2.2. Producto y servicio ofrecido por ITP .....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 2.3. Cuota de mercado .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 2.4. Cuota de mercado por países .....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 2.5. Comparación de cuota de mercado entre las empresas del sector.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 2.6. Facturación del sector aeroespacial español por segmentos .....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 2.7. Facturación agregada del sector aeroespacial español por segmentos..</i> <i>.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 2.8. Principales empresas del sector en España.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 2.9. Distribución por actividad del sector aeronáutico español .....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 2.10. Reparto de la facturación agregada por Comunidades Autónomas de</i> <i>la industria aeronáutica española .....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 3.1. Process Map general .....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 3.2. Datos generales.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 3.3. Process map recepción del motor .....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 3.4. Process map desmontaje .....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 3.5. Process map inspección sucia .....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 3.6. Máquina Tridimensional.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 3.7. Línea de END.....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 3.8. Process map inspección limpia.....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 3.9. Process map banco de pruebas.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 3.10. Planta Mantenimiento en Ajalvir de ITP .....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 3.11. Planteamiento del proyecto .....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 3.12. Conclusiones del planteamiento del proyecto .....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 4.1. Máquina de alúmina .....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 4.2. Cabina de petroleado.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 4.3. Cabina de lavado manual .....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 4.4. Cabina de Flushing .....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 4.5. Máquina de shot peening .....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 4.6. Línea automática de limpieza .....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 4.7. Máquina de shot peening .....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 5.1. Definición del DMAIC de la sección de limpieza .....</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 5.2. Process map limpieza .....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 5.3. Lay out inicial de la sección de limpieza. ....</i>	<i>111</i>

<i>Ilustración 5.4. Diagrama de flechas de la sección de limpieza</i> .....	113
<i>Ilustración 5.5. Medida del DMAIC de la sección de limpieza</i> .....	114
<i>Ilustración 5.6. Análisis del DMAIC de la sección de limpieza</i> .....	116
<i>Ilustración 5.7. Proceso efectivo del trabajo, inicial e ideal.</i> .....	119
<i>Ilustración 5.8. Mejora del DMAIC de la sección de limpieza</i> .....	121
<i>Ilustración 5.9. Baliza luminosa y sonora</i> .....	130
<i>Ilustración 5.10. Alarma luminosa y sonora</i> .....	131
<i>Ilustración 5.11. Lay out final</i> .....	134
<i>Ilustración 5.12. Diagrama de flechas final</i> .....	135
<i>Ilustración 5.13. TPM para la ducha y el lavaojos de seguridad.</i> .....	138
<i>Ilustración 5.14. TPM para cambiar el guante de la máquina de la cáscara de nuez.</i> .....	143
<i>Ilustración 5.15. TPM para el cambio del filtro de la máquina de perla de vidrio. ....</i> .....	149
<i>Ilustración 5.16. Esquema estantería y orden en la misma</i> .....	150
<i>Ilustración 5.17. Plantilla de control 5S</i> .....	152
<i>Ilustración 5.18. Control del DMAIC de la sección de limpieza</i> .....	154
<i>Ilustración 5.19. Comparativa de resultados del análisis de los videos</i> .....	155
<i>Ilustración 5.20. DMAIC en la sección de limpieza</i> .....	159
<i>Ilustración 6.1. Curva de aprendizaje</i> .....	163
<i>Ilustración 9.1. Sigma respecto al valor medio</i> .....	IV
<i>Ilustración 9.2. Tabla de conversión Sigma vs DPMO</i> .....	V
<i>Ilustración 9.3. Etapas de la estrategia de implantación</i> .....	VI
<i>Ilustración 9.4. Círculo de Deming</i> .....	X
<i>Ilustración 9.5. Principios básicos de Kaizen</i> .....	XII
<i>Ilustración 9.6. Acrónimo de 5S</i> .....	XIII
<i>Ilustración 9.7. 5S</i> .....	XVI
<i>Ilustración 9.8. Objetivos SMED</i> .....	XXI
<i>Ilustración 9.9. Fases de SMED</i> .....	XXII
<i>Ilustración 9.10. Esquema etapas de implantación SMED</i> .....	XXIII
<i>Ilustración 9.11. Tiempo de mejora con SMED</i> .....	XXIV
<i>Ilustración 9.12. TPM</i> .....	XXVII
<i>Ilustración 9.13. Rol de operarios y personal de mantenimiento en TPM.</i> .....	XXIX

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. SIPOC de la sección de limpieza.....	108
Tabla 2. Datos resultantes del análisis de los videos de la situación inicial.....	117
Tabla 3. Porcentajes de incurridos según los hitos.....	118
Tabla 4. DAFO de la sección de limpieza.....	120
Tabla 5. Acciones propuestas para la sección de limpieza.....	122
Tabla 6. Tiempo empleado en el mantenimiento .....	136
Tabla 7. Análisis del video de verificación de mejoras .....	154
Tabla 8. Resumen resultados esperados y obtenidos.....	160
Tabla 9. Variaciones de los indicadores no económicos .....	162
Tabla 10. Diagrama de implementación por etapas de las 5'S.....	XVII
Tabla 11. Etapas de la implementación del TPM.....	XXVIII
Tabla 12. Inventario de tecnologías.....	XXXI
Tabla 13. Prioridades tecnológicas .....	XXXIV

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. OBJETIVOS**

#### **1.1.1 Objetivos del proyecto**

Este proyecto nace por la necesidad que tiene la empresa de ser más competitivos en el mercado. Se hizo un estudio previo interno y externo, es decir, tanto a la propia empresa como a la competencia. Tras el análisis se observó la necesidad de disminuir el lead time, convirtiéndose éste en nuestro objetivo a grandes rasgos. A continuación se expone el objetivo más detalladamente.

Puesto que un objetivo debe ser SMART (específico, medible, realizable, realista y limitado en el tiempo) se hace necesario perfilar el concepto de reducir el lead time. En primer lugar se decide que se debe disminuir en un 10% el primer año, cifra que deberá mantenerse o aumentarse durante los dos siguientes años.

Una vez clarificado el objetivo del proyecto global surge el de este proyecto, centrado en la sección de limpieza, que es: reducir el lead time en dicha sección un 15%, mejorando los procesos y manteniendo la calidad. Es decir, se debe ser capaz de con menos esfuerzo y tiempo realizar el trabajo con más eficiencia y calidad.

#### **1.1.2 Objetivos personales**

El objetivo mencionado en el apartado anterior es el esperado por la empresa, pero existe otro tipo de objetivo, el personal. Éste se puede expresar como el deseo de poner en práctica todo lo aprendido durante la carrera en las prácticas profesionales, además de conocer la realidad en las empresas y la vida profesional.

Es cierto que la realización del proyecto final de carrera es un requisito indispensable para terminar los estudios, pero siempre desee que éste estuviese ligado al mundo empresarial, debido a que de este modo sería una experiencia más enriquecedora.

Con este proyecto espero aprender a desenvolverme en un ambiente empresarial, obtener una visión global de la empresa, su funcionamiento, su organización y sus necesidades. Además de trabajar en equipo, ya que es necesario actualmente en cualquier empresa sin importar el sector.

Me gustaría rentabilizar los conocimientos adquiridos durante mi formación, es decir, los relacionados con la especialidad de organización industrial, mi especialidad, lo aprendido profesionalmente fuera de la universidad y también en el ámbito personal, debido a que considero que es indispensable conocer qué cualidades, habilidades y limitaciones se tiene.

Debido a que es una empresa del sector servicios, no de fabricación, y además del sector aeronáutico, espero aprovechar la oportunidad de conocer en profundidad este tipo de empresas, puesto que son de las que menos conocimiento tengo y es una oportunidad única de aprenderlo y son aquellas empresas que con más probabilidad me ofrezcan oportunidades en la vida laboral.

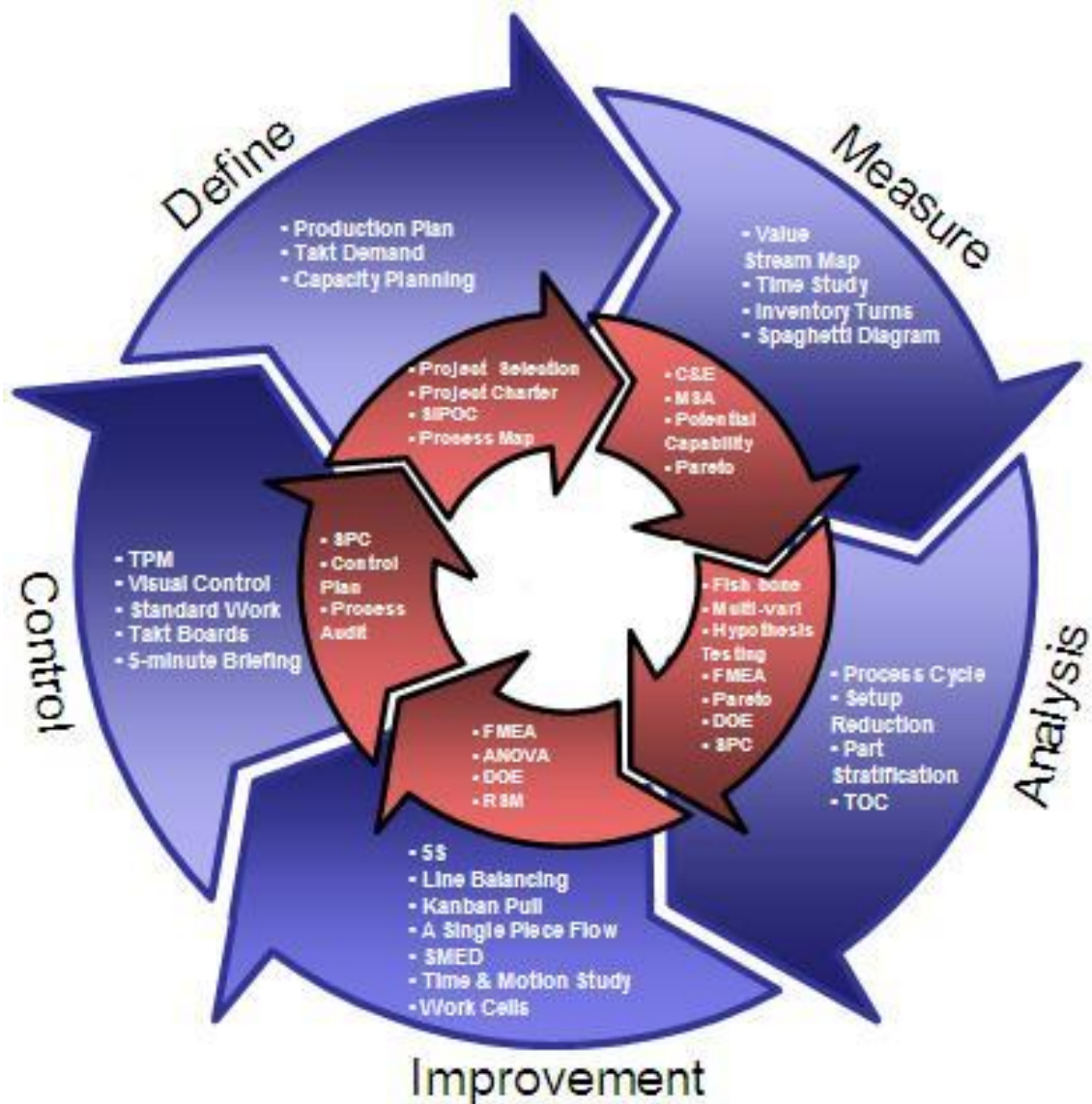
## 1.2. METODOLOGÍA: DMAIC

En primer lugar hay que destacar que DMAIC es un proceso que requiere un cambio radical de actitud, no sólo por parte de la dirección de la empresa, sino también por parte de todos los trabajadores que componen dicha organización.

Se trata de un método fundamental al que se recurre para la implementación de 6 sigma. Esta metodología fue introducida por Motorola en 1986 por Bill Smith, con la finalidad de mejorar los procesos de la empresa y obtener mayor rentabilidad y aumentar sus beneficios. La primera letra “D” fue añadida por General Electric.

DMAIC es el acrónimo de un proceso estructurado en 5 pasos: Define (definir), Measure (medir), Analyze (analizar), Improve (mejorar) y Control (controlar). Cada paso de este procedimiento se enfoca en obtener los resultados más fiables y precisos, con la finalidad de minimizar el error; esto conlleva una relevante importancia en la recolección de información y la autenticidad de los datos, pues es la base de esta sistemática.

Esta metodología es un proceso continuo que requiere que se repita consecutivamente y es lo que representa la *Ilustración 1.1*:



*Ilustración 1.1 DMAIC*

**Definir:** definir el propósito y alcance del proyecto.

**Medir:** recolectar información sobre la situación actual para conocer los esfuerzos que se requieren para el alcance del objetivo de proyecto.

**Analizar:** identificar la causa raíz de los problemas, las causas potenciales y las oportunidades de mejora.

**Mejora:** desarrolla y cuantifica las soluciones potenciales, optimiza el proceso y evalúa los resultados.

**Control:** implementa la solución, garantiza el mantenimiento de la mejora y anticipa mejoras futuras.



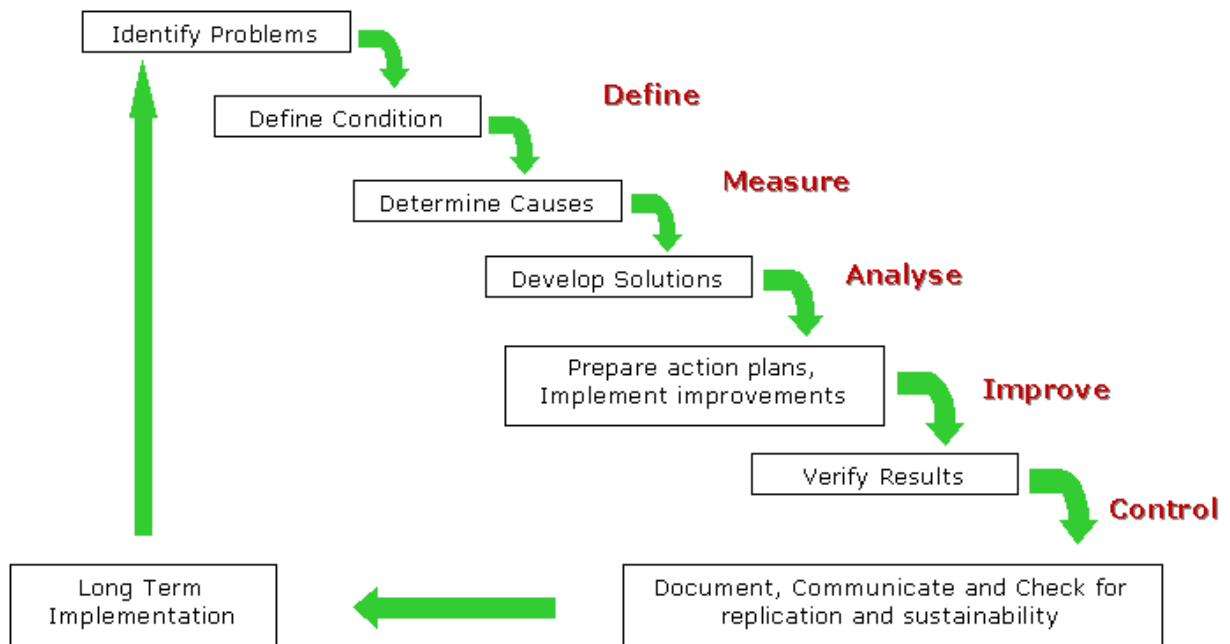


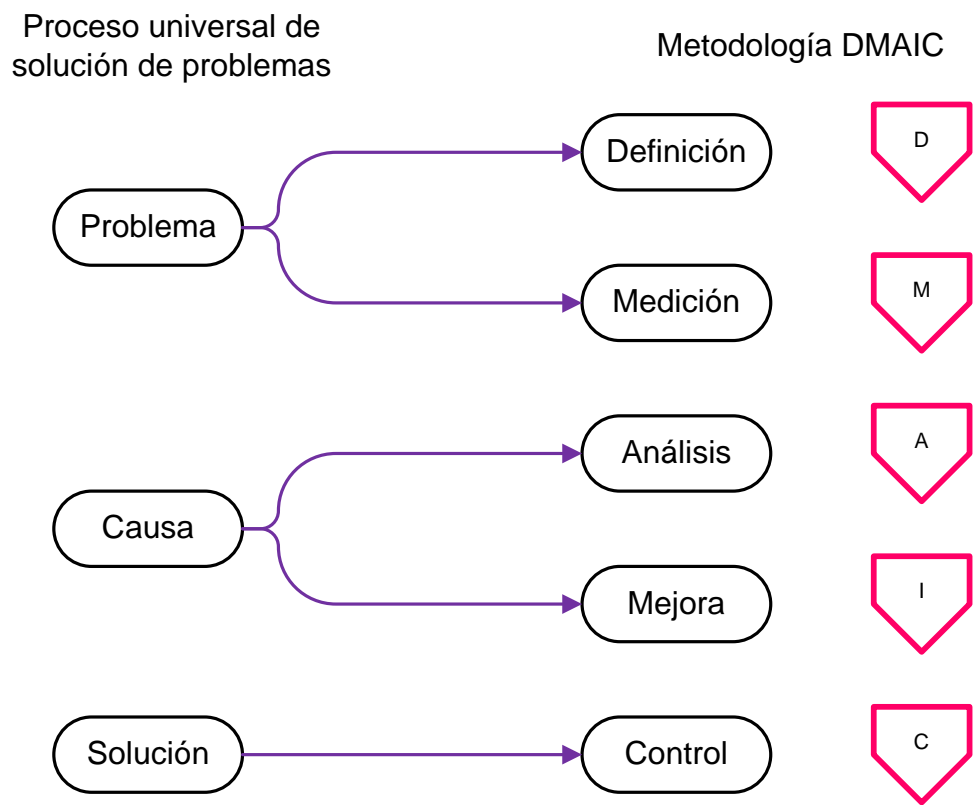
Ilustración 1.2 Pasos para aplicar la metodología DMAIC [1]

DMAIC sigue el proceso universal de resolución de problemas, el cual es explicado de una forma particularmente acertada como:

*“La actitud adecuada para abordar un problema debe caracterizarse por la confianza, la tranquilidad, la disposición para aprender, la curiosidad, etc. Una actitud inicial negativa nos conduce con seguridad a una situación de bloqueo. Aunque un bloqueo debe asumirse como una etapa más de la solución de un problema, la acumulación de ellos puede conducir al desánimo y al abandono de la tarea”*

“Para pensar mejor” de Miguel de Guzmán

Este proceso se resume en la *Ilustración 1.3*:



*Ilustración 1.3 Proceso universal de solución de problemas*

### 1.2.1 **Define (Definir)**

Las herramientas que suelen utilizarse en este primer paso son Chárter, Diagrama de Pareto, Mapa de Proceso, Diagrama de Flujo, SIPOC, Casa de la Calidad, Quality Function Deployment (QFD), Diagramas de Afinidad, Modelo de Kano, Voz del Cliente (conocido como VOC), Impacto en el Negocio (Business Case), Diagrama de Gantt... Aunque dependiendo del proceso a analizar se usarán unas herramientas u otras, es decir, no es necesario utilizar todas las herramientas. A continuación se explicará brevemente cada uno:

- Chárter: acuerdo entre la dirección y el equipo sobre lo que se espera del proyecto. Con esta herramienta clarifica lo que se espera del equipo y lo mantiene enfocado, con unas prioridades. El Chárter consta de seis elementos: propósito, alcance, importancia, recursos financieros, indicadores y recursos accesibles para el equipo.
- Diagrama de Pareto: herramienta estadística que ayuda a seleccionar los puntos de mejora para el proyecto y estudiar el alcance de estos, pues muestra la importancia relativa de los problemas de forma simple, rápida de interpretar y en un formato visual. Este procedimiento es valioso como una foto del “antes” y del “después” del proyecto para ver el alcance que se ha conseguido. En él se construye una tabla de frecuencias con las columnas que se requieran (causas, frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado) y se ordenan los factores de forma decreciente.
- Mapa de Proceso: también conocido como Process Map. Presenta una visión global del proceso a analizar, esta visión gráfica facilita la comprensión del proceso. Se emplea para detectar oportunidades de mejora y optimizar el proceso.
- Diagrama de Flujo: también denominado flujograma. Se parece al mapa de proceso aunque esta herramienta tiene su propia simbología, la cual se presenta en la *Ilustración 1.4*:

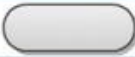

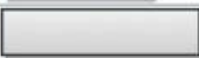



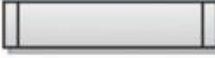

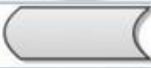




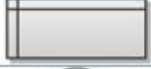

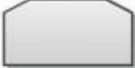


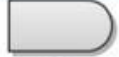



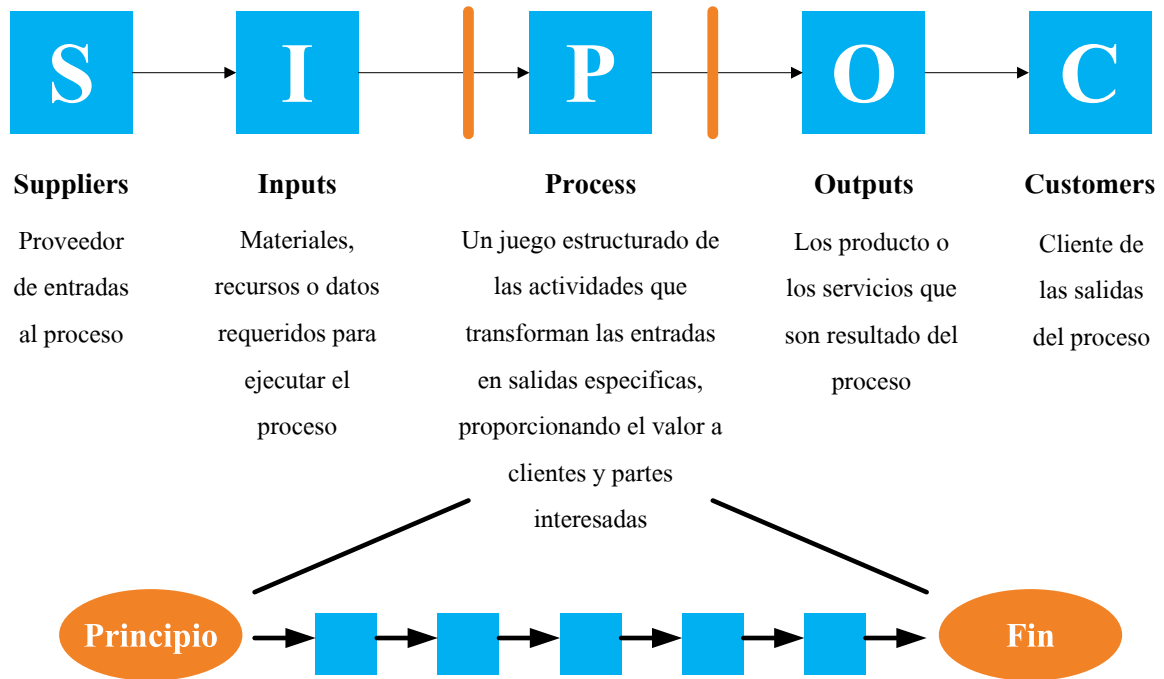
Nombre	Símbolo	Función
<b>Inicio/Final</b>		Se utiliza para representar el inicio o fin de un proceso o programa
<b>Entrada/Salida</b>		Se utiliza para representar la introducción de datos por medio de periféricos.
<b>Proceso</b>		Se utiliza para representar cualquier tipo de operación que pueda originar cambio de valor, formato o posición de la información almacenada en memoria, operaciones aritméticas, de transformaciones, etc.
<b>Decisión</b>		Se utiliza para indicar operaciones lógicas o de comparación entre datos.
<b>Documento</b>		Se utiliza para representar la salida de datos por impresora, pero en ocasiones es usado para mostrar datos o resultados.
<b>Desplegar/Mostrar</b>		Este es utilizado para representar la salida o para mostrar la información por medio del monitor o la pantalla.
<b>Proceso predefinido</b>		Se utiliza para representar procesos ya definidos tales como llamada a procedimientos o funciones y el inicio del mismo.
<b>Base de datos</b>		Se utiliza para representar la escritura o almacenado de datos en la base de datos.
<b>Almacenamiento de datos</b>		Se utiliza para representar la escritura o almacenado de datos en disco o en línea.
<b>Unir</b>		Se utiliza para acoplar segmentos del diagrama o para recibir la línea de flujo.
<b>Multi-documento</b>		Se utiliza para representar la salida, despliegue o impresión de varios documentos.
<b>Entrada manual</b>		Representa la intervención de usuario para dar una entrada a datos requeridos (No se confunda con el símbolo de Entrada / Salida).
<b>Operación manual</b>		Representa la intervención del usuario para realizar un proceso manual.
<b>Almacenamiento interno</b>		Se utiliza para representar el almacenamiento en memoria de algún proceso o valor.
<b>Cinta magnética</b>		Representa datos grabados en una cinta magnética.
<b>Límite de ciclo</b>		
<b>Preparación</b>		Expresa proceso de llamada a un proceso subalterno.
<b>Tarjeta</b>		Representa la entrada de datos o lectura de datos de una tarjeta perforada o recientemente de memorias de almacenamiento.
<b>Retraso</b>		Representa la atraso para poder iniciar el siguiente proceso o tarea.
<b>Conector (dentro de página)</b>		Sirve para enlazar dos partes cualesquiera de un diagrama a través de un conector en la salida y otro conector en la entrada. Se refiere a la conexión en la misma página del diagrama
<b>Conector (fuera de página)</b>		Sirve para enlazar dos partes cualesquiera de un diagrama a través de un conector en la salida y otro conector en la entrada. Se refiere a la conexión en distinta página del diagrama
<b>Línea de flujo</b>		Indica el sentido de la ejecución de las operaciones

Ilustración 1.4. Tabla de símbolos para el diseño de un diagrama de flujo [2]

- SIPOC: mecanismo que permite acotar el alcance del proyecto, identificar los clientes, las entradas, las salidas y los consumidores, sirviendo de punto de partido de un diagrama de flujo más detallado, denominado de alto nivel.



*Ilustración 1.5 SIPOC*

- Quality Function Deployment (QFD): significa Despliegue de la Función de Calidad. Es un proceso estructura que establece las necesidades de los clientes. A través de él se intenta alinear lo que el cliente desea con lo que la empresa produce u ofrece. Gracias a esta herramienta se prioriza según las necesidades o deseos de los clientes, permitiendo la innovación en ese camino.

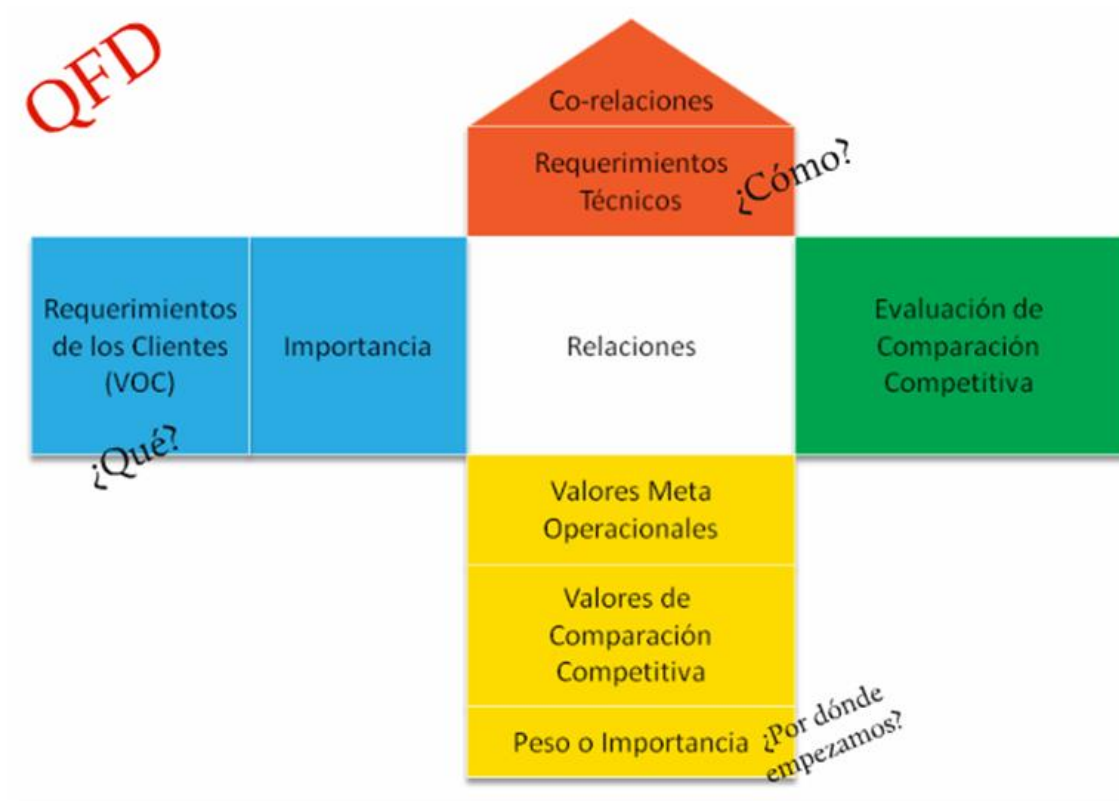
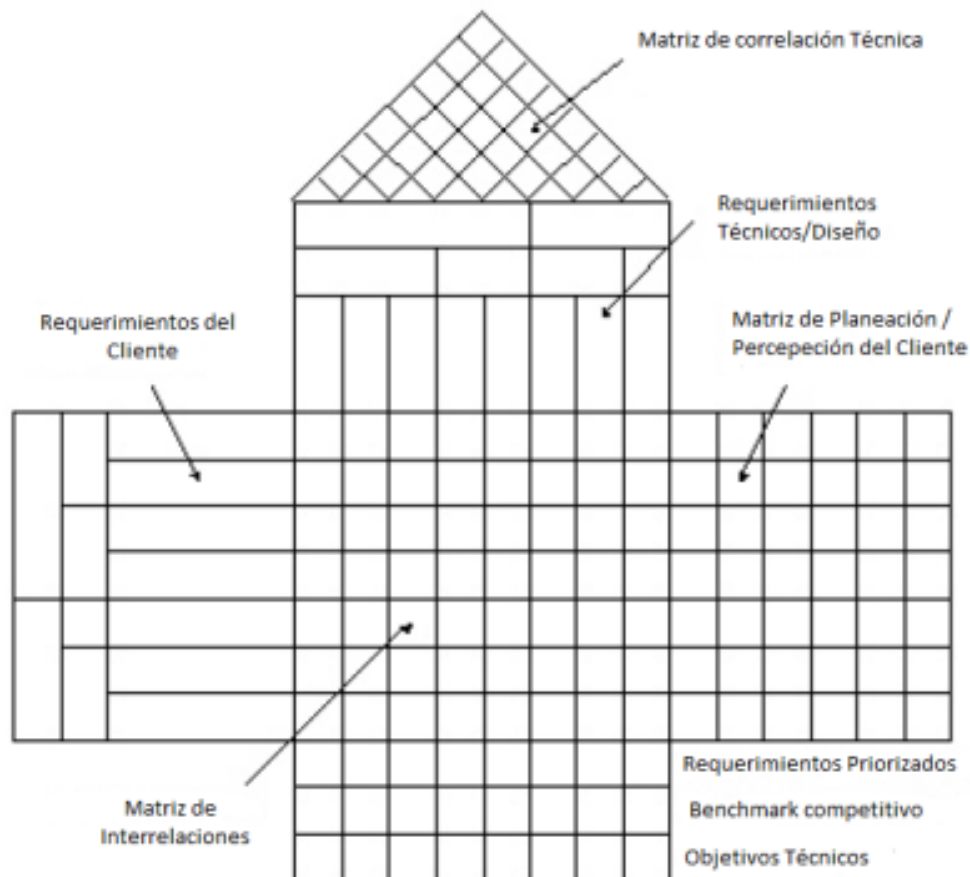


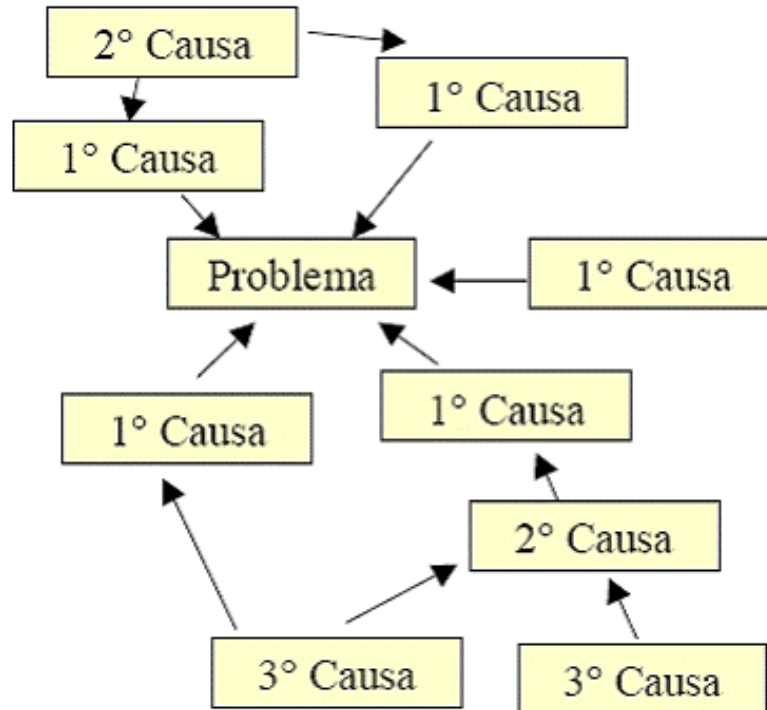
Ilustración 1.6. QFD [3]

- Casa de la Calidad: herramienta para entender el QFD. Se trata de un método gráfico con el que se pone en relación las necesidades del cliente con las propiedades del producto de la empresa. Así, se puede calcular de forma matemática qué características se deben añadir al diseñar un producto o servicio.



*Ilustración 1.7. Casa de la calidad [3]*

- Diagramas de Afinidad: también conocido como método KJ, debido a su creador Kawakita Jiro. Es un procedimiento para organizar la información recogida durante el Brainstorming (tormenta de ideas). Este diagrama ayuda a agrupar los elementos que están relacionados entre sí de forma natural.

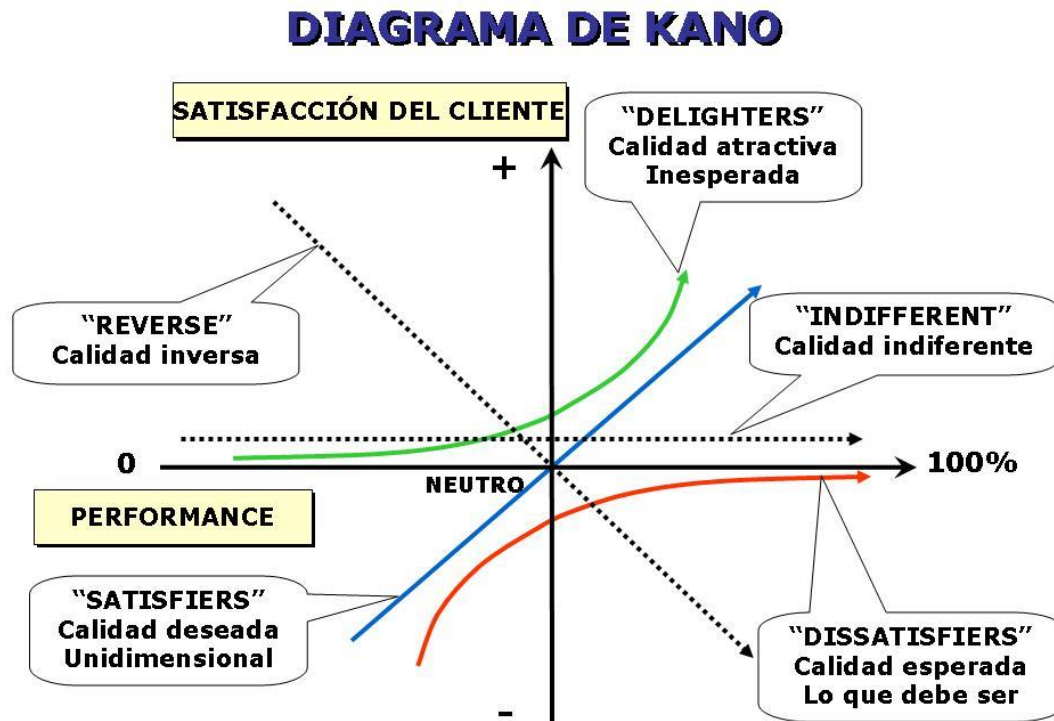


*Ilustración 1.8. Diagrama de afinidad [4]*

- Modelo de Kano: representa la relación de las expectativas de los clientes con su satisfacción. En este modelo se distinguen seis categorías de las cualidades de la calidad; las tres primeras tienen influencia sobre la satisfacción del cliente (Factores Básicos, del Desempeño y de Entusiasmo) y tres cualidades más (Indiferentes, Cuestionables e Inversas).
  - Factores básicos: requisitos mínimos que causarán el descontento del cliente si no se satisfacen, pero no causarán satisfacción si se cumplen.
  - Factores del Desempeño: causan satisfacción si el desempeño es alto y descontento si es bajo.
  - Factores de Entusiasmo: son las cualidades que crean satisfacción si se tienen pero no crean descontento si no se dispone de dichas cualidades.
  - Cualidades indiferentes: los clientes no prestan atención a estas características.
  - Cualidades cuestionables: no está claro si el cliente espera esta cualidad en el producto.

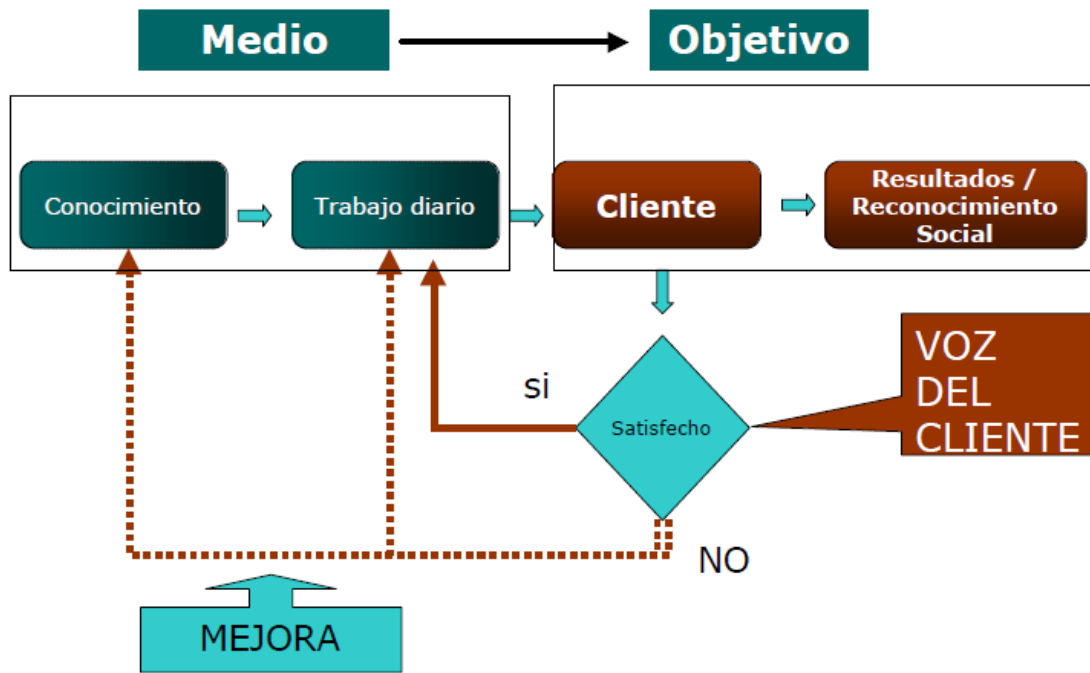


- Cualidades Inversas: esta cualidad, a la inversa, es esperada por los clientes.



*Ilustración 1.9. Diagrama de Kano [4]*

- Voz del Cliente (VOC): esta herramienta ayuda a hacer visibles las necesidades invisibles de los clientes. Así, las necesidades de los consumidores se traducen en requisitos de los productos o servicios que ofrece la empresa. Para que esta herramienta sea lo más eficaz posible se recomienda la participación de todo el personal implicado en la fabricación del producto de la empresa, ya sea de forma directa o indirecta.



*Ilustración 1.10. Esquema para entender la VOC [5]*

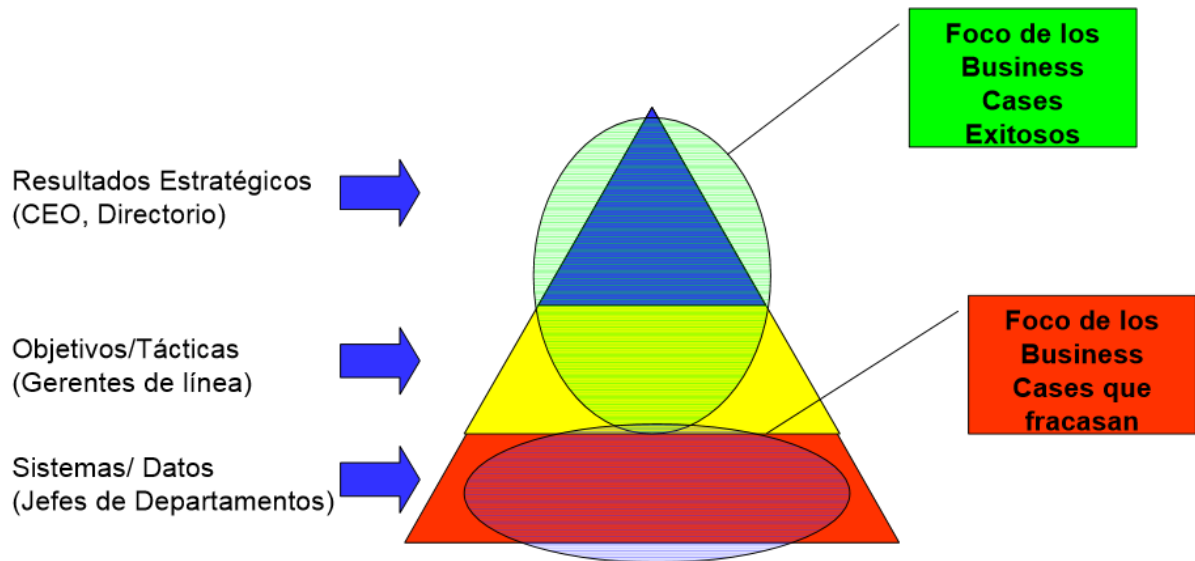
Las fases y metodologías de la VOC se representan en la *Ilustración 1.11*.



*Ilustración 1.11. Fases y metodologías de la VOC*

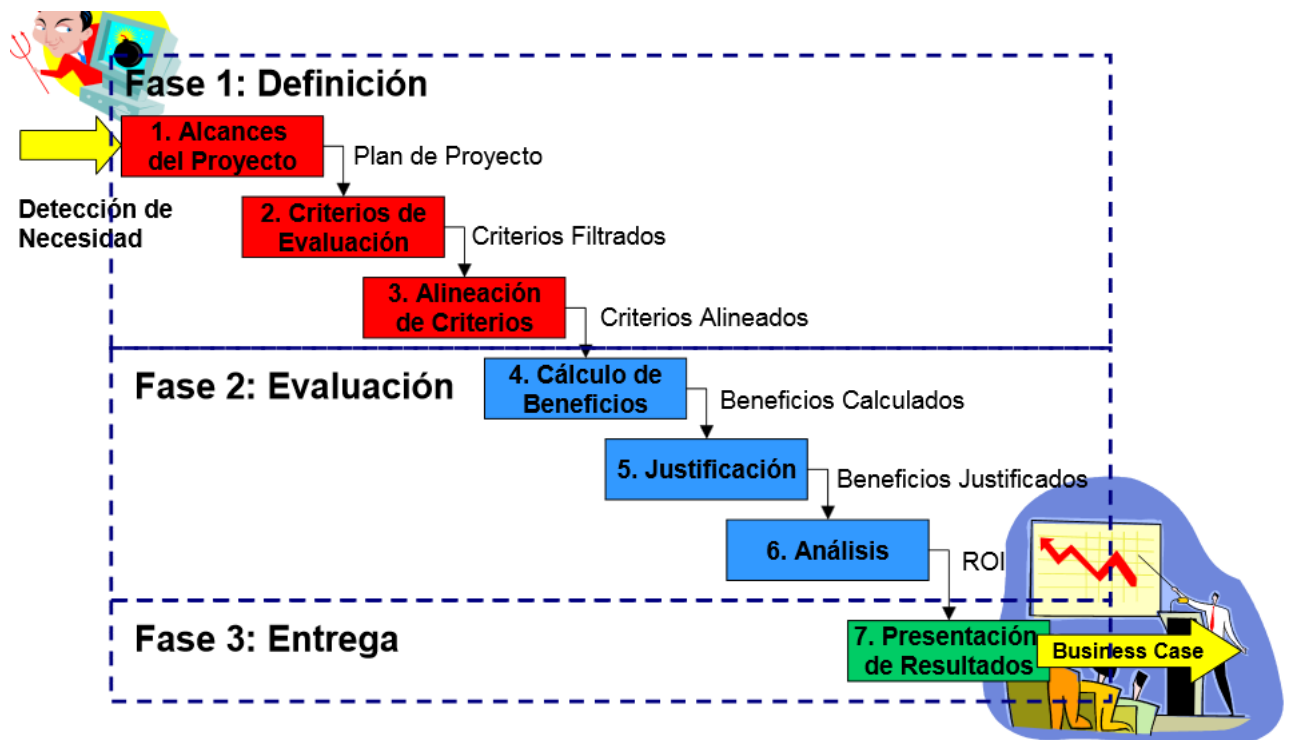
Por medio de los focus group y la tormenta de ideas obtenemos información relevante y necesaria de forma cualitativa. Tras esto se puede cuantificar esta información mediante encuestas obteniendo datos medibles para compararlos después de implantar las mejoras.

- Impacto en el negocio (Business Case): es una herramienta que sirve para definir, medir, analizar, documentar, presentar los riesgos, costes y beneficios, presentes o futuros, que se obtienen al implementar una propuesta de negocio o proyecto.



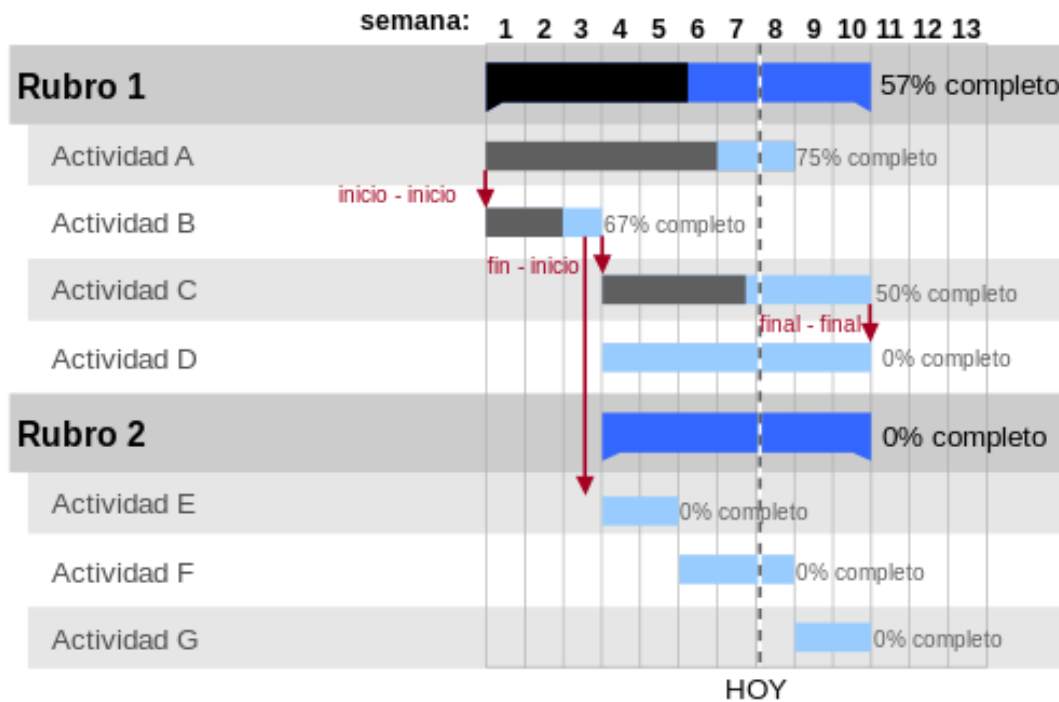
*Ilustración 1.12. Business Case*

Esta herramienta consta de tres fases que incluyen siete pasos, los cuales se muestran en la *Ilustración 1.13*:



*Ilustración 1.13. Fases y pasos del Business Case*

- Diagrama de Gantt: representación gráfica del tiempo dedicado o que se va a dedicar en cada tarea dentro de un proyecto. En él también se pueden introducir los recursos necesarios para realizar cada tarea, la sucesión de tareas y sus relaciones. Es útil para revelar la relación entre el tiempo, la carga de trabajo y los recursos que supone cada tarea. Estos diagramas fueron creados por Henry L. Gantt en 1917 con la finalidad de visualizar de forma rápida y óptima la planificación de un proyecto.



*Ilustración 1.14. Diagrama de Gantt [6]*

En este módulo del proyecto deben fijarse los indicadores y las métricas que se emplearán a lo largo de éste.

Generalmente, en esta fase se realiza un plan de comunicación, en el cual se expresa cuáles son los objetivos, las tareas iniciales, lugares de reunión, tiempos, estatus de los avances, etc. Este plan tiene como finalidad clarificar los recursos y tiempos que inicialmente se tienen, además de definir cuáles son y sobre quiénes recaen las responsabilidades.

### 1.2.2 **Measure (Medir)**

Esta segunda fase de la metodología DMAIC comienza con una observación exhaustiva, de esta manera se determinarán los factores críticos que son necesarios medir y se permite evaluar la efectividad del proyecto. También ayuda a recolectar información para el proceso posterior, analizar, y generar la definición enfocada del problema o problemas.

Habitualmente esta etapa comienza por realizar las preguntas adecuadas, continuando por construir el diagrama del proceso, revisar los datos existentes, si es necesario recoger nuevos datos, validar el sistema de medida, responder a las preguntas iniciales y determinar el punto de partida.

Las herramientas que se suelen emplear en esta etapa son, entre otros: Análisis de Sistemas de Medición, Cartas de Tendencias, Diagramas de Control, Análisis de la Capacidad del Proceso, Definiciones Operacionales, Sigma del Proceso, 5 Puntos de Vista, Gráficas de Frecuencia y Single-Minute Exchange of Die (SMED). A continuación se explicarán brevemente cada uno.

- Análisis de Sistemas de Medición: requerido para validar los sistemas de medición del propio sistema y las mejoras atribuidas a la mejora del proceso. Existen diversos tipos de error de medición, como:
  - Discriminación: capacidad para detectar pequeños cambios.
  - Sesgo: diferencia entre el valor real y el valor medido. Es un error sistemático de los sistemas de medición.
  - Linealidad: cambio del sesgo a lo largo del rango de operación normal.
  - Estabilidad: variación de la exactitud del sistema de medición a lo largo del tiempo.
  - Repetibilidad: variación observada cuando el mismo operario mide el mismo elemento repetidamente usando el mismo instrumento. Aporta información sobre la variación debida al aparato de medida.

- Reproducibilidad: variación observada cuando distintos operarios miden el mismo elemento con el mismo aparato. Proporciona información sobre la variabilidad del operario.
- Cartas de Tendencias: gráfica que muestra las diferencias entre los diversos operadores y partes. La línea horizontal es la media, obtenida de los datos o proporcionada en base al historial. Un proceso estable manifestará una dispersión aleatoria horizontal; el efecto de un operador o parte revelará un patrón definido no aleatorio.

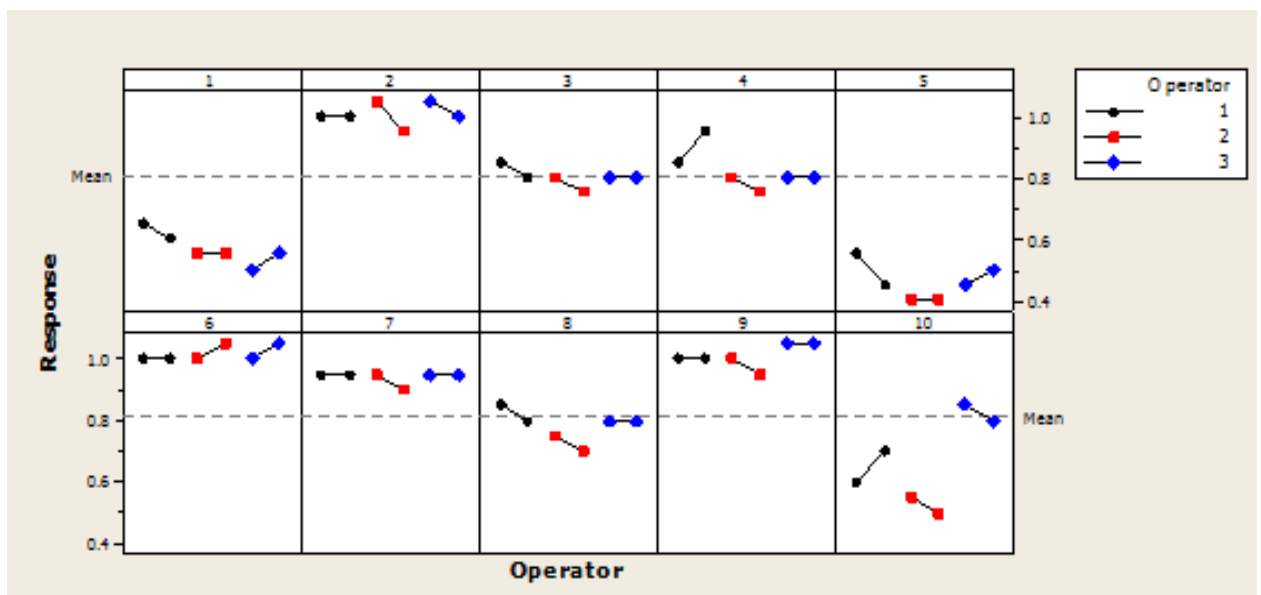
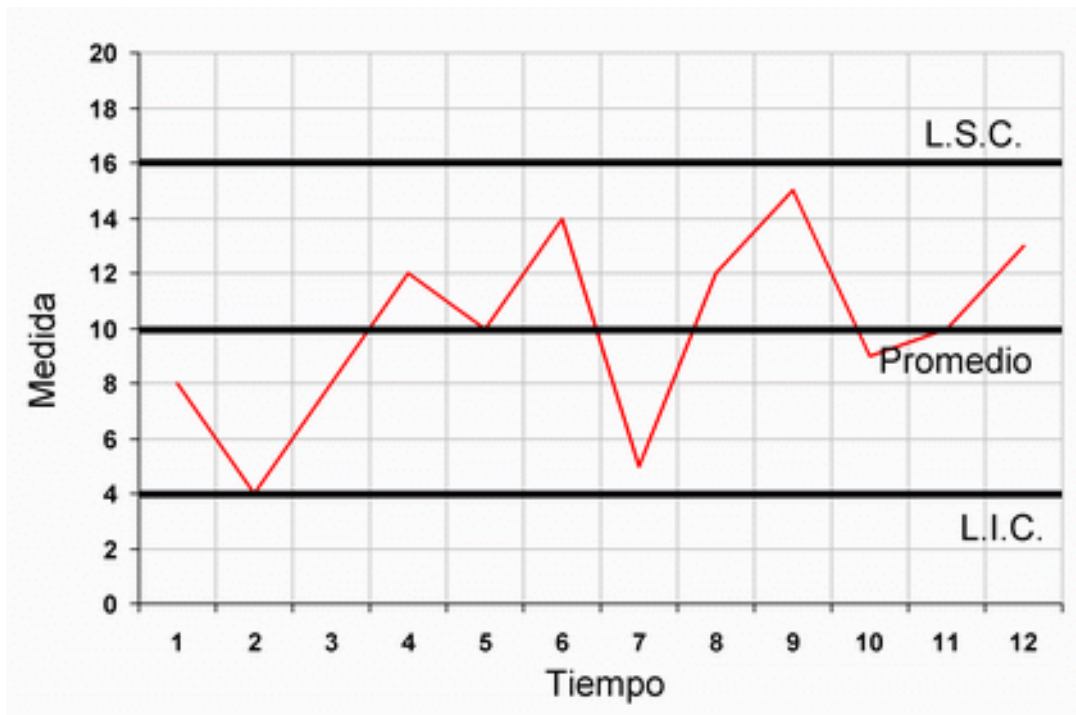


Ilustración 1.15. Cartas de tendencias de 3 operadores.

En el ejemplo anterior, *Ilustración 1.15*, se observa que la mayor parte de la variación se debe a diferencias entre las partes. El operador 2 en su segunda medición es consistentemente más pequeña que la primera medición, y sus mediciones son consistentemente más pequeñas que las del operador 1.

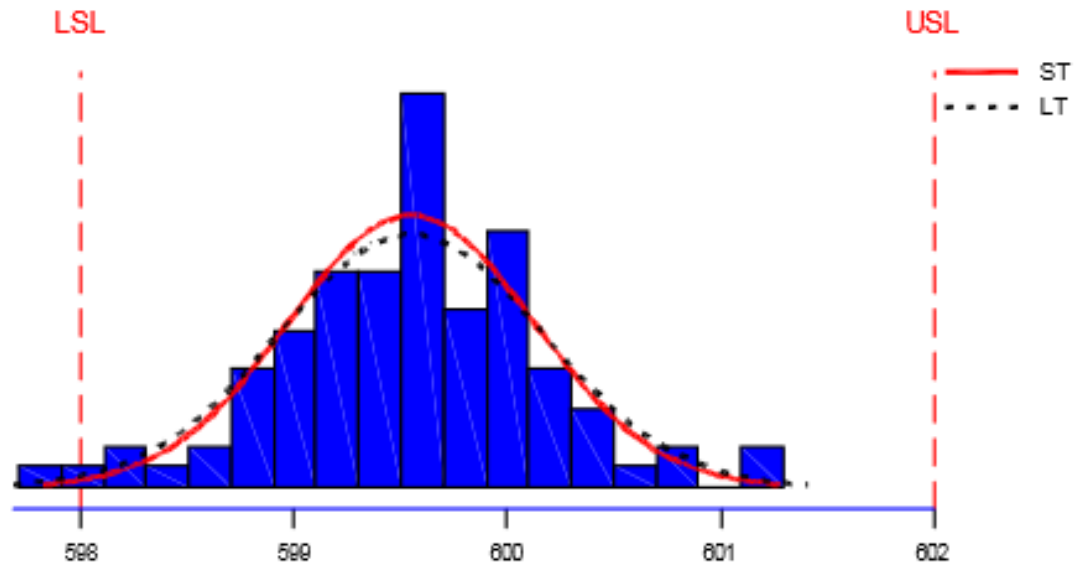
- Diagramas de Control: gráfico utilizado para decidir si un proceso puede considerarse o no estable en el tiempo. Dicho gráfico consta de una línea central, que representa el valor medio correspondiente al estado bajo control y otras dos líneas horizontales denominadas Límite Superior de Control (LSC) y Límite Inferior de Control (LIC). Un valor que se ubique entre ambos límites es equivalente a no poder rechazar la hipótesis. De forma contraria, un valor que se encuentre fuera de estos límites equivaldrá al rechazo de la hipótesis.



*Ilustración 1.16. Diagrama de control*

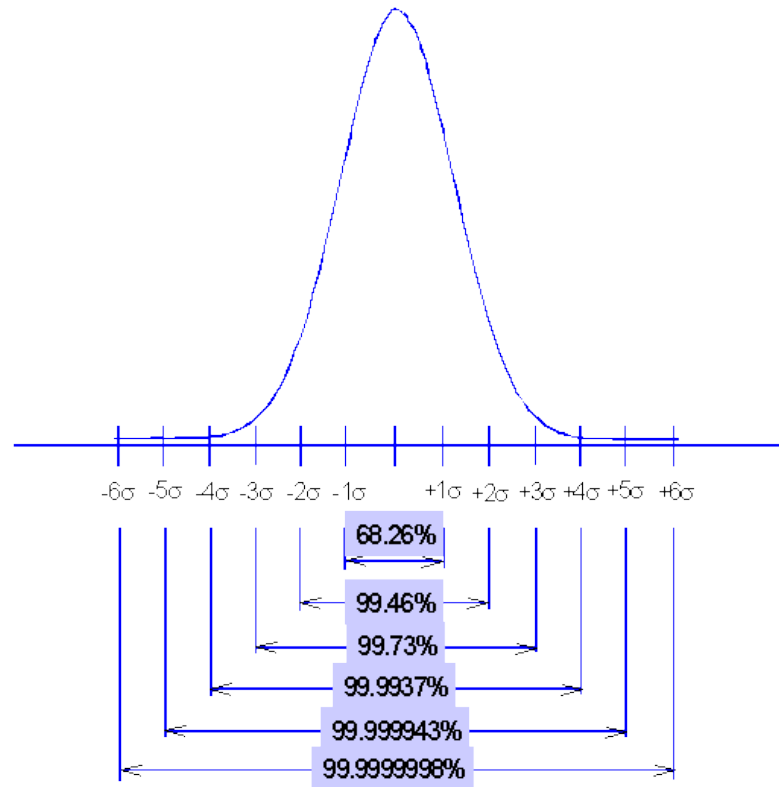
- Análisis de la Capacidad del Proceso: viene determinado por los cocientes entre la variación natural del proceso y el nivel de variación especificada. En principio, para que un proceso sea considerado capaz, su variación actual no debería representar más del 75% de la variación permitida.





*Ilustración 1.17. Análisis de la Capacidad del Proceso*

- Definiciones Operacionales: conjunto de procedimientos que deben realizarse para medir una variable.
- Sigma del Proceso ( $\sigma$ ): concepto estadístico que representa cuanta variación existe en un proceso respecto a las especificaciones de los clientes.



*Ilustración 1.18. Sigma del proceso*

- 5 Puntos de Vista: provee un sistema estructurado para la recolección de información y mejorar el entendimiento del problema. Los cinco puntos de vista son:
  - Autopsia (tamaño y forma)
  - Productos (productos afectados)
  - Localización
  - Fuente (suministro de operaciones)
  - Tiempo
  
- Gráficas de Frecuencia: existen diversos tipos:
  - Gráfica lineal: se representan los valores en dos ejes cartesianos ortogonales en sí.

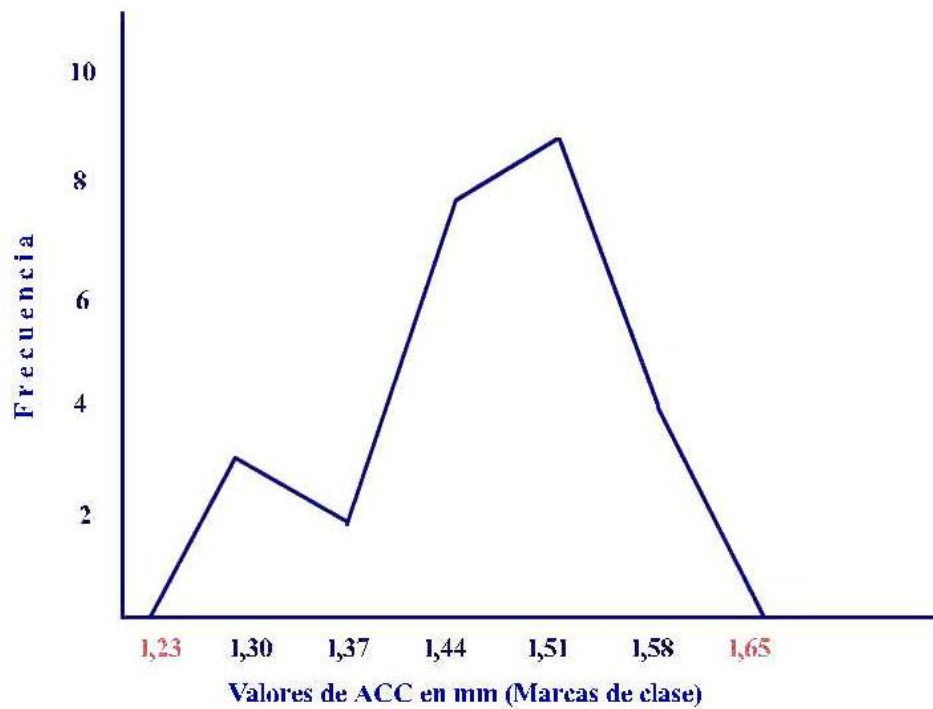


Ilustración 1.19. Gráfica lineal de frecuencia [7]

- Diagrama de barras: representación gráfica conformada por barras rectangulares horizontales o verticales. Si se trata de un diagrama vertical el objetivo es introducir una barra de alto igual a la frecuencia

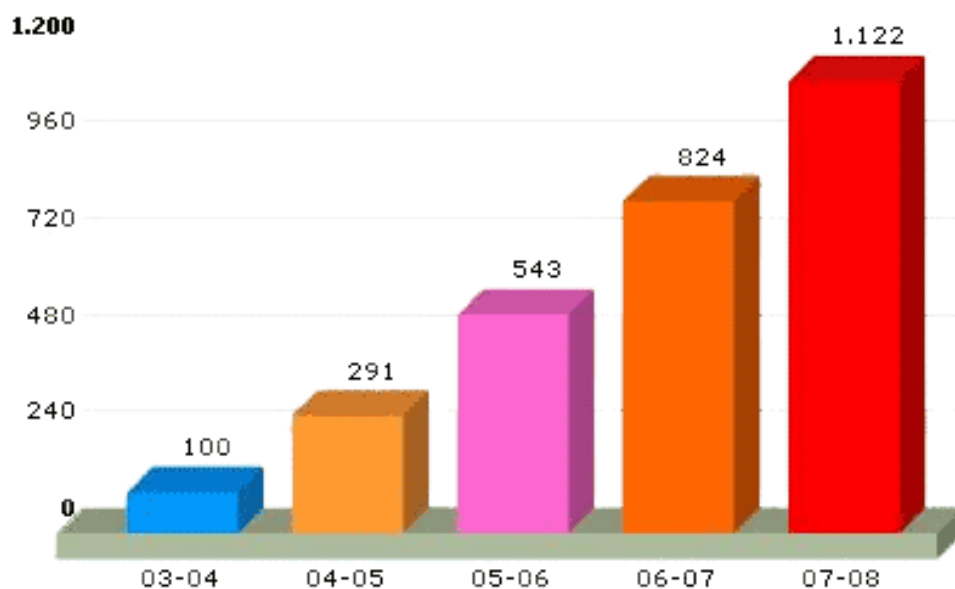
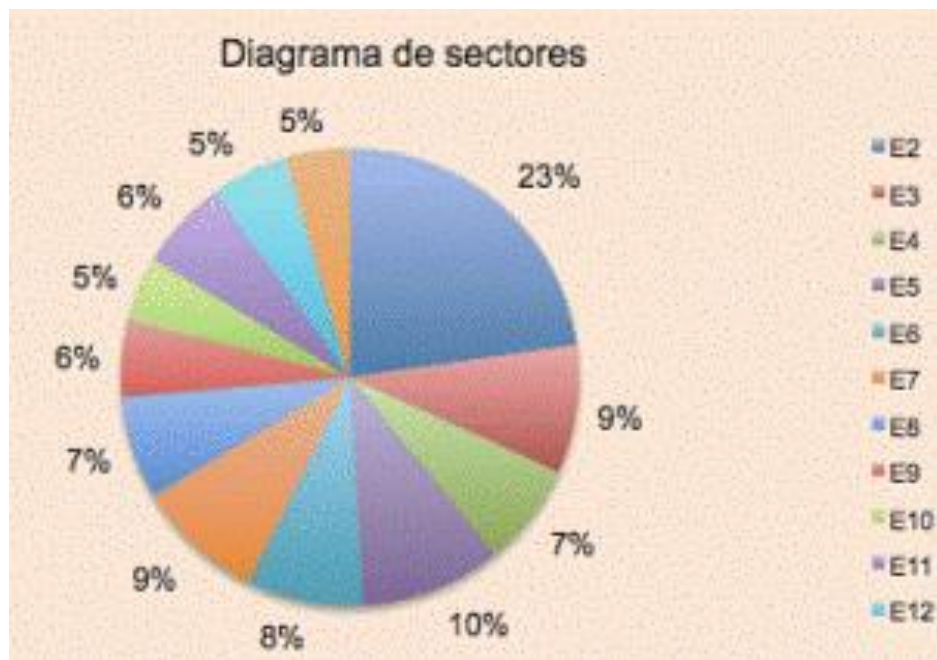


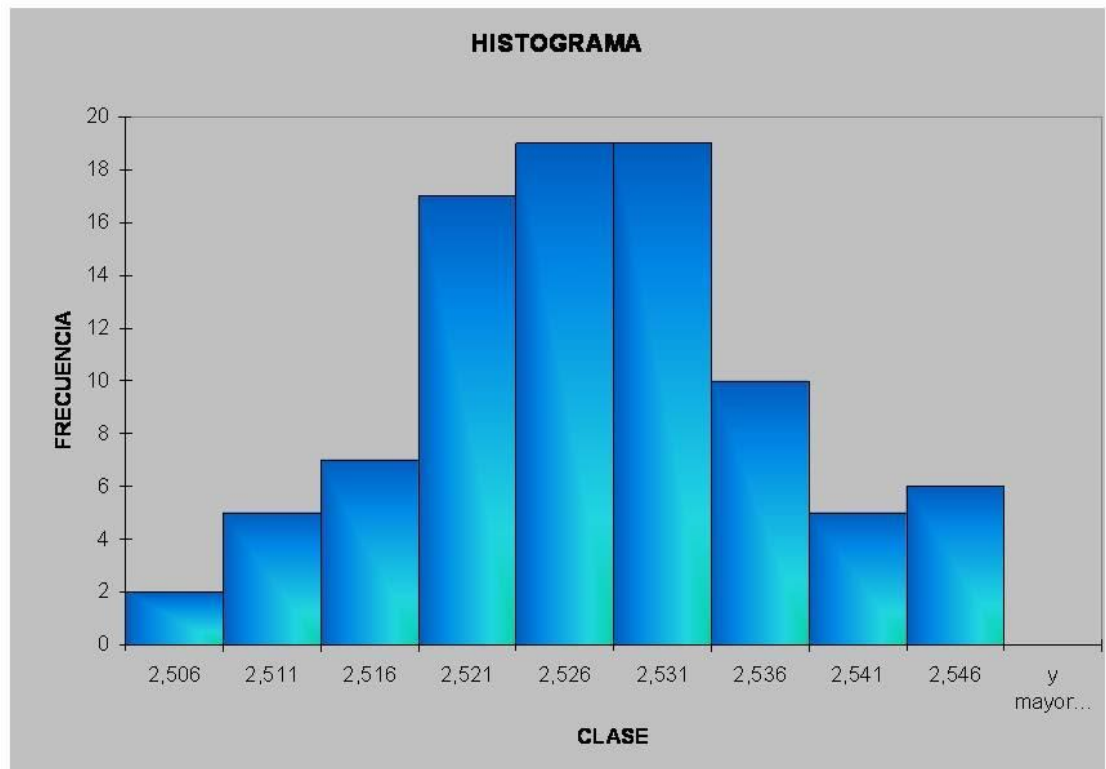
Ilustración 1.20. Diagrama de barras de frecuencia [8]

- Gráfica de sectores o circular: representación de la distribución de los datos en porcentajes sobre un total.



*Ilustración 1.21. Gráfica circular de frecuencia [8]*

- Histograma: representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados, ya sea en forma diferencial o acumulada.



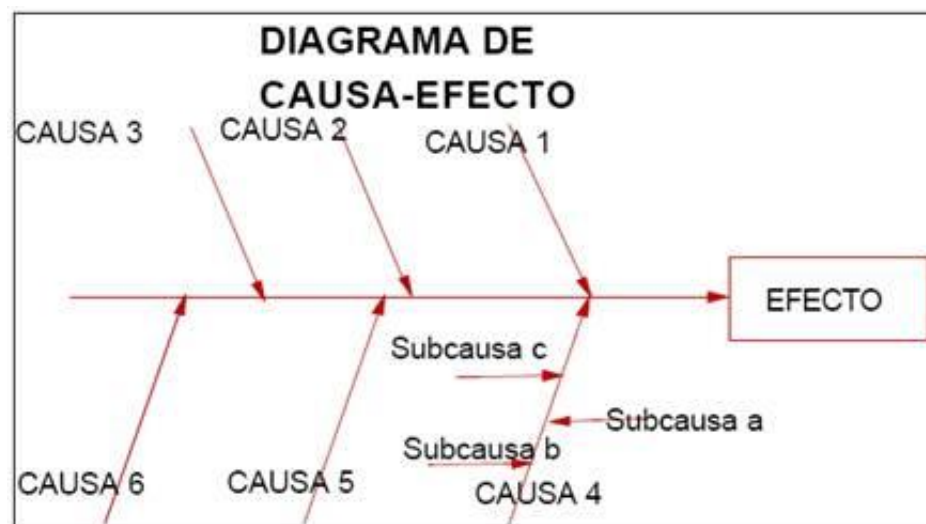
*Ilustración 1.22. Histograma [7]*

- Single-Minute Exchange of Die (SMED): Significa "Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito", conjunto de teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos (desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos). Fue desarrollada por el ingeniero Japonés Sigeo Shingo en los años 70. Esta herramienta establece una manera de analizar las preparaciones diferenciando entre operaciones internas (hay que realizarlas con la máquina parada) y externas (se pueden realizar antes y después de la parada).

### 1.2.3 Analysis (Analizar)

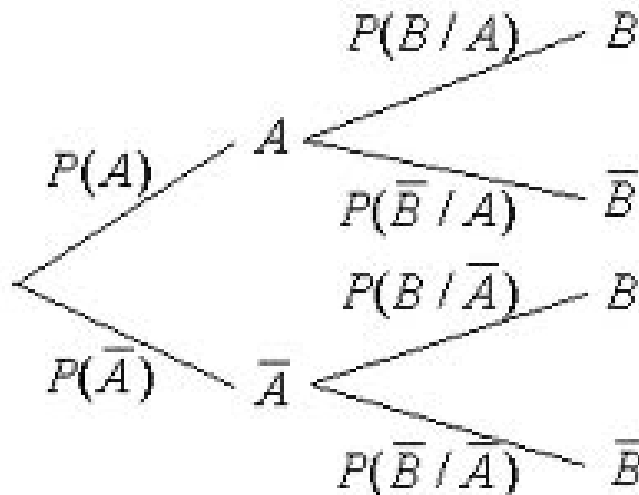
Durante esta etapa se produce una transformación convirtiendo los datos medidos en la fase anterior a información, la cual estudiaremos para encontrar las causas raíz y confirmar las relaciones de causa efecto. Las herramientas a las que se recurren para poder estudiar el proceso son: Diagrama de Causa y Efecto, Diagrama de Árbol, Diagrama de Dispersión, Análisis de Modo de Falla y Efecto, Estratificación de datos, Gráficas de frecuencia estratificadas, Regresión y Correlación, Prueba de Chi Cuadrado, Prueba de las Hipótesis, Diseño de Experimentos, Simulación de Eventos Discretos, Matriz de Prioridades, Análisis P.N.I., DAFO, Análisis de Campo de Fuerza, Tabla Esfuerzo-Impacto...

- Diagrama de Causa y Efecto: también conocido como Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pescado. Muestra un análisis de las causas que contribuyen a una situación compleja. Es un diagrama visual y sencillo, que ofrece las causas pero no el alcance de estas, ni la importancia ni los motivos. Es decir, revela la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores (causas) que tienen influencia sobre un fenómeno concreto (efecto).



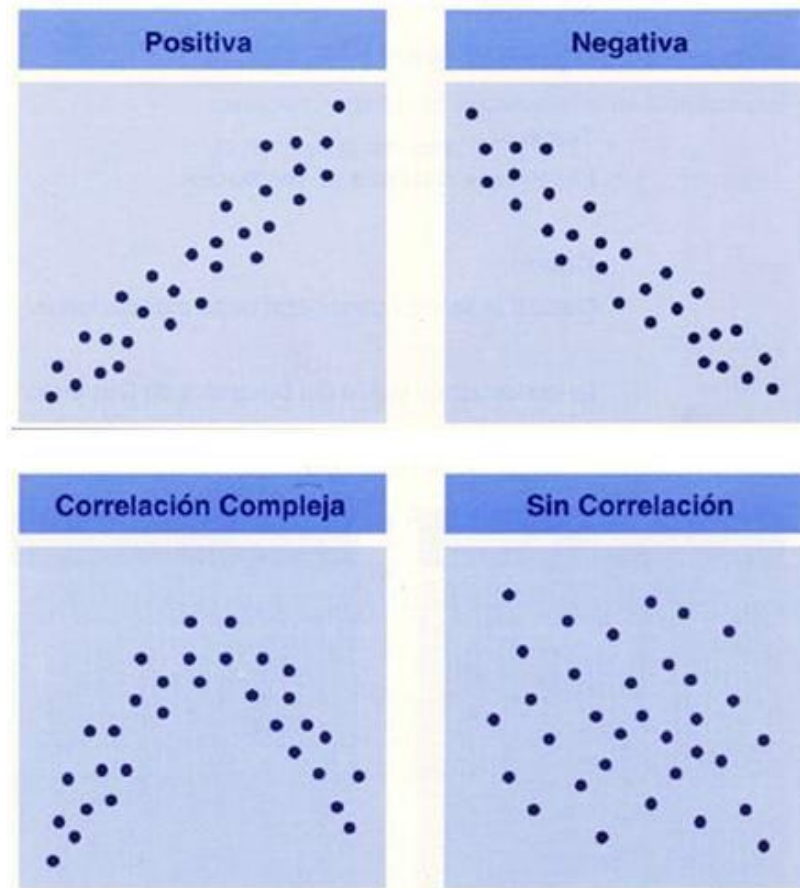
*Ilustración 1.23. Diagrama de causa y efecto [9]*

- Diagrama de Árbol: método gráfico para identificar todas las partes que son necesarias para alcanzar un objetivo determinado; también ayuda a identificar todas las tareas que se requieren para implantar una solución o una acción de mejora. También ayuda a dimensionar el nivel de complejidad de un proyecto y prevé el encontrarse con soluciones inviables antes de que aparezcan. Este diagrama requiere de conocimientos estadísticos, puesto que en él se emplean probabilidades.



*Ilustración 1.24. Diagrama árbol [9]*

- Diagrama de Dispersión: gráfica que muestra la relación que existe entre dos variables cuantitativas continuas.



*Ilustración 1.25. Tipos de diagrama de dispersión. [9]*

- **Análisis de Modo y Efecto de la Falla:** denominada FMEA por las siglas de Failure Mode and Effects Analysis (en España también por AMEF). Esta herramienta identifica, evalúa y prevé los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un proceso o producto. Este análisis se produce de la siguiente manera:
  - Se incorpora el factor de la probabilidad. Se debe asignar un peso numérico a cada causa, el cual indica cómo esa causa es de probable (una escala estándar de la industria común utiliza 1 para representar no probablemente y 10 para indicar inevitable).
  - Se identifican los controles actuales (de diseño y/o de proceso), éstos son los mecanismos que evitan que ocurra la causa del modo de fallo o que detectaron la falta.
  - Se determina la probabilidad de la detección.



- Risk Priority Numbers (RPN) es un producto matemático compuesto por tres grados numéricos: severidad, probabilidad y detección.

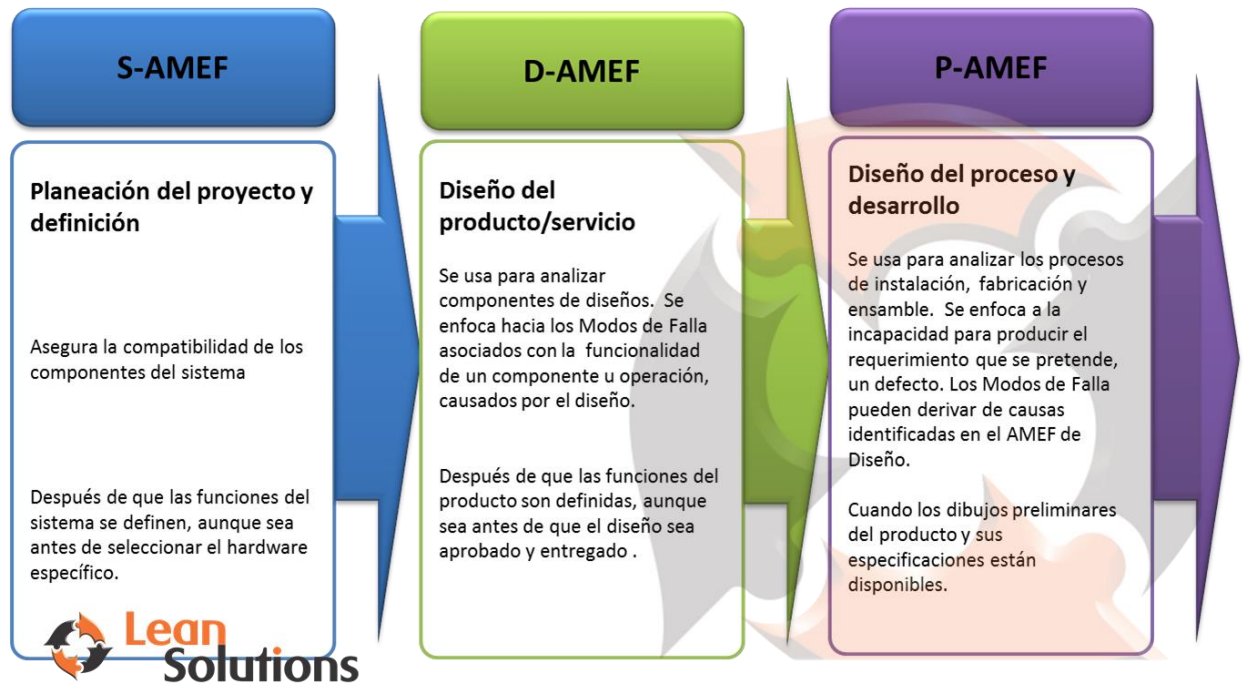
$$RPN = (Severidad) \times (Probabilidad) \times (Detección)$$

- Se determinan las Acciones Recomendadas para corregir las faltas potenciales que tiene un RPN elevado.
- Se asigna un o unos responsables y una fecha de finalización para estas acciones.
- Se indica las acciones tomadas. A continuación se debe valorar de nuevo la severidad, la probabilidad y la detección y recalcular el RPN.

Potential Failure Mode and Effects Analysis (Design FMEA)										Revision B						
System		L100001 GPS SSU								Prepared By Robert Crow						
Subsystem		Receiver Card								FMEA Date 8/18/1992						
Part Number		485230-100								Revision Date						
Design Lead		J. Davies														
Item / Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	P	R	O	C	D	R	Recommended Actions	Responsibility & Target Completion Date	Actions Taken	New Sev	New Occ	New RPH	
Circuit Block 4.1.1	Output loss from pre-amp	Receiver & output data lost; track loss; GPS shut-down	S C1 short	1	PR-20 & HW-5	2	10	QA Proc 20-6	R. Jones, 11/30/92		Added to control plan	2	1	1	2	
			S C88 short	2		2	20	QA Proc 20-6	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	1	1	2		
			S L1 open/short	3		2	30	QA Proc 20-3	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	2	1	4		
			S U21 function	4		2	40	Test 147	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	3	1	6		
								0							0	
Circuit Block 4.1.2	Undetected & insignificant component failure mode	No noticeable system effect	1 C1 open/short val.	2	None		8	16	None							0
			1 C88 open/short val	2		8	16	None							0	
																0
																0
Circuit Block 4.2.1	Loss of signal from 2nd RF amplifier & 1st down converter	Loss of position, velocity & time output data; track loss; GPS shut-down	4 C2 short	1	PR-20 & HW-5	2	8	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan					0	
			4 C3 short	1	PR-20 & HW-5	2	8	QA Proc 20-6	D. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2		
			4 C4 open/short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2		
			4 C5 short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2		
			4 C6 open/short	2	PR-20 & HW-5	2	16	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2		
			4 C88 short	3	PR-20 & HW-5	2	24	QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	1	4		
			4 FL1 short/open	5	None		2	40	100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8	
			4 FL2 short/open	5	None		2	40	100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8	
			4 R2 open/short val	2			2	16	None							0
			4 R18 open/short val	2			2	16	None							0

Ilustración 1.26. FMEA [10]

Las etapas del FMEA se pueden resumir en la *Ilustración 1.27*:



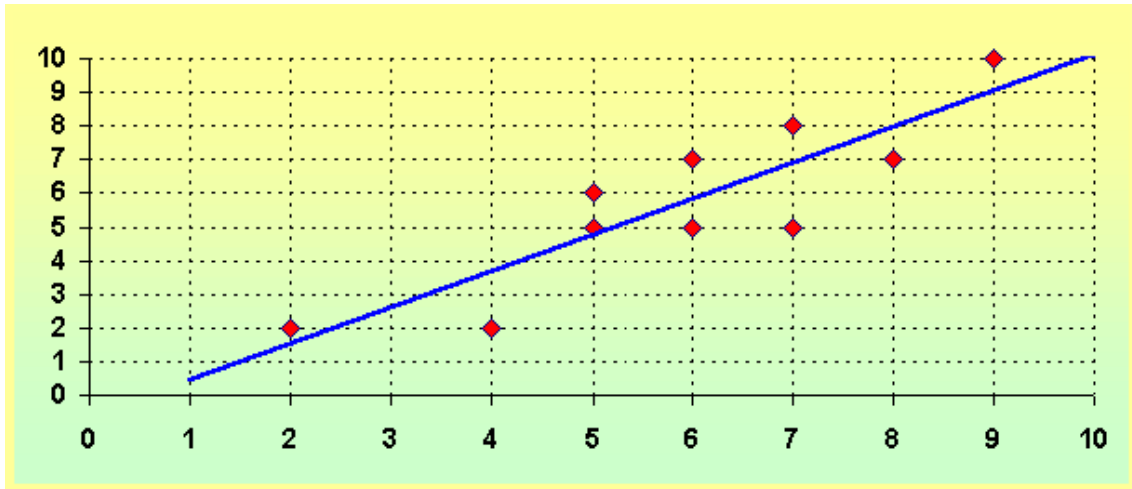
*Ilustración 1.27. Etapas AMEF [11]*

- Estratificación de datos: herramienta que permite la separación de un conjunto de datos en diferentes categorías, donde los datos de cada categoría presentan características comunes.



*Ilustración 1.28. Estratificación de histogramas [12]*

- Gráficas de frecuencia estratificadas: gráfica utilizada cuando una variable es continua y la otra es discreta.
- Regresión y Correlación: herramientas estadísticas que describen matemáticamente la relación entre dos variables. La correlación muestra cómo están relacionadas dichas variables y la regresión es la ecuación matemática que describe dicha relación.



*Ilustración 1.29. Correlación y recta de regresión [13]*

En este ejemplo se muestra la correlación lineal entre dos variables través de una recta de regresión (marcada en azul en la gráfica anterior).

- Prueba de Chi Cuadrado: herramienta que permite contrastar si dos variables cualitativas son independientes o si tienen relación. Se rechazará la hipótesis (las variables son independientes) si los valores esperados y observados difieren demasiado entre sí. El estadístico de contraste responde a la fórmula siguiente:

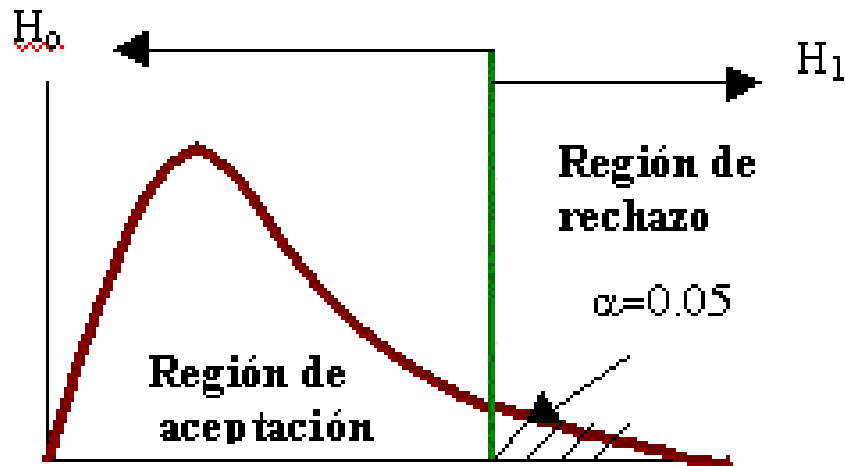
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

*Ilustración 1.30. Fórmula de Chi Cuadrado*

O son las frecuencias observadas

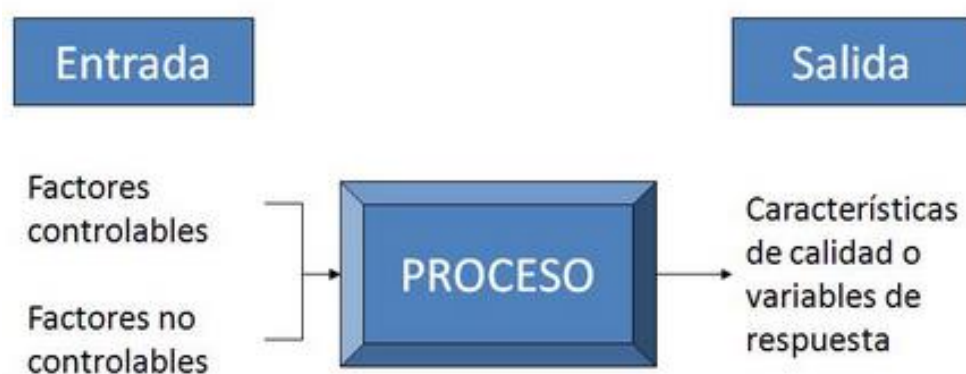
E son las frecuencias esperadas.

Cuanto menor sea el valor de  $\chi^2$  más coherentes serán las observaciones obtenidas con los valores esperados, sin embargo, si este estadístico tiene un valor grande indicará una falta de concordancia entre lo esperado y las observaciones. En este último caso se rechaza la hipótesis nula.



*Ilustración 1.31. Chi Cuadrado, aceptación o rechazo de la hipótesis [12]*

- Prueba de las Hipótesis: Son usadas para indicar si los grupos son realmente diferentes (significantes estadísticamente) o si la diferencia es debida a la variación natural. La prueba de Chi Cuadrado, mencionada anteriormente, es una prueba de hipótesis, pero tiene la suficiente importancia como para haberla mencionado aparte. Además de la ya mencionada existen diversas pruebas de hipótesis como ANOVA, prueba t, ANOM, etc. pero los principios son los mismos, la hipótesis y una fórmula estadística empleada para aceptarla o rechazarla.
- Diseño de Experimentos (DOE): herramienta estadística basada en la organización y diseño de una sucesión de experimentos de forma que con el mínimo número de pruebas se extraiga la mayor cantidad de información útil. Con ello, se obtendrán conclusiones que permitan optimizar la configuración de un proceso o producto.



*Ilustración 1.32. Diseño de Experimentos [13]*

- Simulación de Eventos Discretos: programa que reproduce el comportamiento de un sistema real siguiendo el patrón de eventos e interacciones.
- Matriz de Prioridades: herramienta que permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios.

		URGENTE		NO URGENTE	
IMPORTANTE	I	<b>NO DEMORARLO</b>  Crisis Problemas apremiantes Proyectos con fecha de caducidad  <b>Resolver</b>	<b>Planificar</b>	<b>APLAZARLO, PERO CON LIMITES</b>  Prevención Construir relaciones Reconocer nuevas oportunidades Planificación, Recreación	<b>II</b>
NO IMPORTANTE	III	<b>DELEGARLO, PERO NO APLAZARLO</b>  Interrupciones. Correos, papeles. Reuniones. Cuestiones inmediatas, acuciantes. Actividades populares.	<b>Procrastinar</b>	<b>HACERLO MÁS TARDE</b>  Trivialidades, ajetreo inútil Llamadas y correos externos. Pérdida de tiempo. Actividades agradables.	<b>IV</b>

Ilustración 1.33. Matriz de prioridades [14]

- Análisis P.N.I.: significa Positivo, Negativo e Interesante, sirve para considerar por separado, antes de juzgar una idea o propuesta, sus aspectos positivos, negativos y otros que no caigan en ninguna de las primeras dos casillas.
- DAFO: conocido así por ser las siglas de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades, también conocido como SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) por sus siglas en inglés: comparación objetiva entre la empresa y su competencia para establecer las fortalezas y las debilidades, así como una exploración exhaustiva y profunda del entorno identificando las oportunidades y las amenazas.





Ilustración 1.34. DAFO [13]

- Análisis de Campo de Fuerza: técnica que determina hasta dónde el cambio puede ser difícil y ayuda a facilitar el mismo. Este análisis permite observar los elementos que contribuyen al éxito o fracaso de la solución propuesta. Dicha herramienta percibe el cambio como fuerzas diferentes que compiten entre sí; existen dos tipos de fuerzas: las Fuerzas Impulsoras (Driving Forces), las cuales facilitan el cambio y las Fuerzas Restringentes (Restraining Forces), que evitan que éste ocurra.

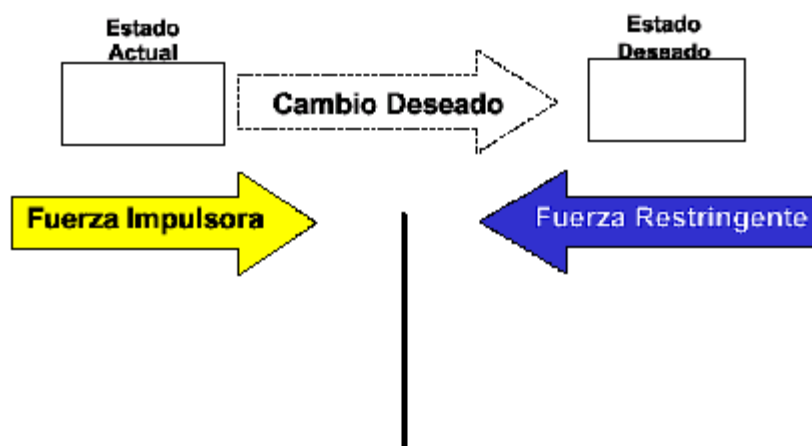


Ilustración 1.35. Análisis de Campo de Fuerza [15]



- Tabla Esfuerzo-Impacto: evalúa el impacto de una acción o propuesta en relación al esfuerzo para realizarla, requiriendo de una variación de la ventana de Johari.



*Ilustración 1.36. Tabla de Esfuerzo-Impacto [16]*

#### 1.2.4 Improvement (Mejorar)

La cuarta fase de la metodología DMAIC corresponde a la transición del proceso hacia la solución e implica tanto el diseño como la implementación. En la etapa de diseño es muy importante la aplicación del **benchmarking**, para poder detectar, bien en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas (competidoras o no), formas más efectivas de llevar a cabo un proceso, es decir, aprender del mejor para aplicarlo en nuestro proyecto.

Según Scholtes (1987) *“la clave está en alcanzar en primer lugar el consenso sobre la importancia relativa de los diferentes criterios y luego asignar calificaciones a las alternativas en relación con tales criterios”*.

Es en este momento donde se deben aplicar las mejoras obtenidas tras la fase de análisis, es decir, se implantan todas las acciones que surgieron en la fase de definición, se midieron y al estudiar su viabilidad en la fase de análisis se llegó a la conclusión que eran óptimas para el proyecto. El equipo desarrolla e implementa un plan con un cambio en el acercamiento en la gestión que ayudará a la organización en la puesta en marcha y adaptación de las soluciones y en los cambios que resultarán de ello. La implementación se debe planificar cuidadosamente, pues se deben asignar recursos, responsables y fechas.

Además de implantar las acciones propuestas y valoradas en las etapas anteriores existen dos herramientas que ayudan a introducir dichas mejoras:

- TPM: proviene de las siglas de Mantenimiento Productivo Total (o en inglés Total Productive Maintenance). Es un compromiso por parte de todos los trabajadores de la empresa a involucrarse en el mantenimiento y mejora de los equipos. Esta técnica se esfuerza por conseguir cero fallos y detenciones en los equipos. El TPM incluye: mantenimiento autónomo, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, prevención del mantenimiento y mantenimiento de fallas.
- Poka-Yoke: proviene de dos palabras japonesas "poka" (que significa error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Implica a todo mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que ocurran, o hace que sean muy evidentes para que el operario los perciba y los corrija a tiempo. Su finalidad consiste en reducir o incluso eliminar los defectos en un producto o proceso, previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible. Existen dos tipos: dispositivos de prevención (hace que sea poco probable cometer un error) y dispositivos de detección (señala cuando se cometió o cometerá un error).

### 1.2.5 **Control (Controlar)**

Asegura que la solución o soluciones puedan sostenerse sobre un período largo de tiempo. Para esto debe diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos sigan circulando de forma eficiente.

Por tanto, deben definirse indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto, éstos son necesarios para poder basar las decisiones tanto en razonamientos como en evidencias y no sólo en la intuición. Los indicadores nos mostrarán los puntos problemáticos de nuestro negocio y nos ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar nuestros procesos. Mediante el control de los resultados lograremos entender si estamos cubriendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes. Por tanto, este método que se puede definir como un instrumento para recoger, de forma sistemática y representativa, información relevante (generalmente numérica) sobre el funcionamiento o los resultados de un proceso. Las características de los indicadores son:

- Representativo: debe proporcionar datos significativos que informen sobre el valor que se pretende medir.
- Sensible: debe variar de forma apreciable (en un instrumento de medida equivale a estar bien calibrado) con el fin de mostrar los cambios en el valor que representa.
- Rentable: su utilidad debe compensar el esfuerzo de recopilar, calcular y analizar los datos.
- Fiabilidad: debe basarse en datos obtenidos a partir de mediciones objetivas.
- Relativo en el tiempo: debe mostrar tendencias, es decir, los datos e información que proporciona deben ser comparables en el tiempo para analizar la evolución de los resultados y poder compararlos.

Los distintos indicadores vinculados a Seis Sigma deben mostrarse en los tableros de mejora continua, tanto en las oficinas como en la planta, con el fin de permitir un monitoreo constante de la evolución de los mismos por parte de los diferentes responsables y operarios de los procesos productivos y de las mejoras que se han implantado.

Las diferentes herramientas que se utilizan en esta etapa son las siguientes:

- Controles visuales: ayudan a determinar el camino correcto durante el proceso y a identificar cuando se desvía de ese camino. Existen diversos controles visuales como:

- Niveles Max./Min.

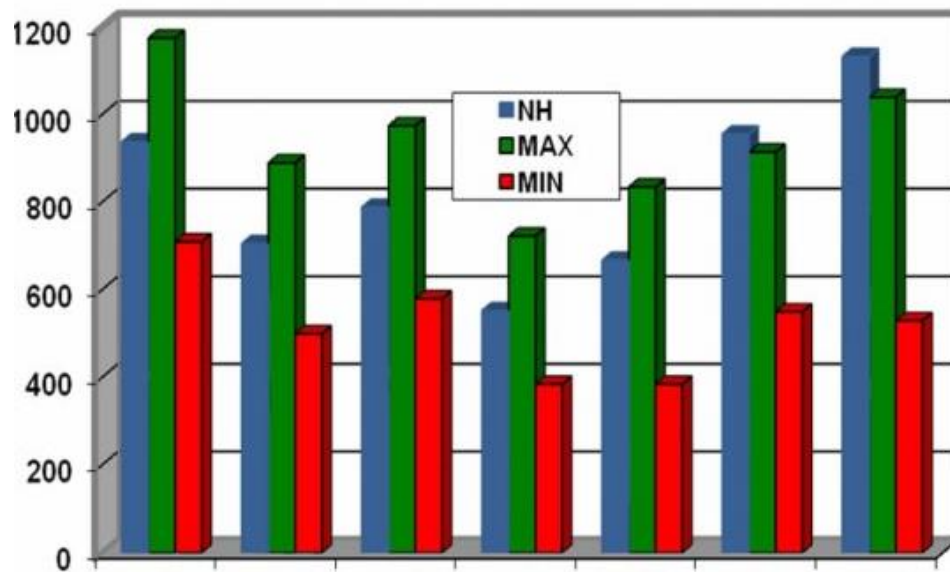


Ilustración 1.37. Niveles Máximo y Mínimo [16]

En la imagen anterior se puede observar como los dos últimos datos recogidos exceden el máximo permitido, por lo que debería revisarse los datos y los motivos por los que éstos no están en el rango asociado.

- Contenedores de diferentes colores



Ilustración 1.38. Contenedores [17]

- Semáforos



*Ilustración 1.39. Semáforo [18]*

- Localización de materiales (5S)



*Ilustración 1.40. Antes y después de aplicar las 5S [19]*

- Estandarización: define en detalle el trabajo en proceso y todos los factores que contribuyen a cómo debe ser realizado dicho trabajo. Este proceso debe estar documentado exhaustivamente. Gracias a la estandarización se reduce la variabilidad entre equipos y operarios, se provee de las bases de conocimiento y procedimiento para los nuevos trabajadores, se ayuda a detectar y resolver problemas o imprevistos más rápidamente, etc.
- Documentación: proceso mediante el cual queda a disposición de todos los trabajadores el proceso nuevo o mejorado, explicando los cambios y las variaciones respecto al anterior.
- Capacitación: actividades realizadas en una empresa respondiendo a sus necesidades y cambios, que busca mejorar la actitud, el conocimiento, las habilidades o las conductas de su personal.
- Gestión y seguimiento de procesos: seguimiento activo y continuo del proceso, su finalidad consiste en vigilar los resultados que se obtienen y comprobar si éstos cumplen los objetivos previstos.
- Indicadores (KPIs): acrónimo de Key Performance Indicators, o Indicadores Clave de Desempeño. Miden el nivel del desempeño de los procesos, centrándose en el “cómo” y revelando cómo de efectivos son dichos procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado. Todos los KPIs son métricas, pero no todas las métricas son KPIs.
- Rentabilidad financiera: conocido como ROE (Return On Equity) es la relación entre el beneficio neto y los capitales propios. Mide el beneficio neto generado en relación a la inversión de los propietarios de la empresa.
- Rentabilidad económica: conocido como ROI (debido a sus siglas en inglés: Return On Investments), relación entre el beneficio antes de intereses e impuestos (denominado beneficio bruto: BAI) y el activo total. Se toma el BAI para valorar el beneficio generado por el activo independientemente de la forma de financiarse y, por tanto, sin tener en cuenta los gastos financieros.
- Valorización de resultados financieros y no financieros: el análisis de estados financieros proporciona ideas e información sobre la dirección futura y sobre el rendimiento actual de los valores de la compañía.

- Diagrama de Pareto: explicado en el punto de Define (Definir).
- Diagrama de Dispersión: explicado en Analysis (Analizar).
- Ratios de costes: relación entre dos variables. Los ratios aportan información que permite tomar decisiones acertadas a quienes estén interesados en la empresa: los propietarios, banqueros, asesores, capacitadores, gobierno, etc. Además, ayudan a determinar de manera cuantitativa los cambios sufridos en la empresa durante un periodo de tiempo determinado. Fundamentalmente los ratios se dividen en cuatro grupos:
  - Índices de liquidez: Evalúan la capacidad de la empresa para atender sus compromisos a corto plazo.
  - Índices de Gestión o actividad: Calculan la utilización del activo y contrastan la cifra de ventas con el activo total, el inmovilizado material, el activo circulante o elementos que los integren.
  - Índices de Solvencia, endeudamiento o apalancamiento: muestran la relación entre recursos y compromisos. Éstos expresan el respaldo que posee la organización frente a sus deudas totales (las deudas de corto y largo plazo), es decir, explica la autonomía financiera de la misma.
  - Índices de Rentabilidad: Miden la capacidad de la empresa para generar riqueza (rentabilidad económica y financiera).

Por tanto, la metodología DMAIC que aplicaremos en este proyecto se puede resumir en la *Ilustración 1.41*:



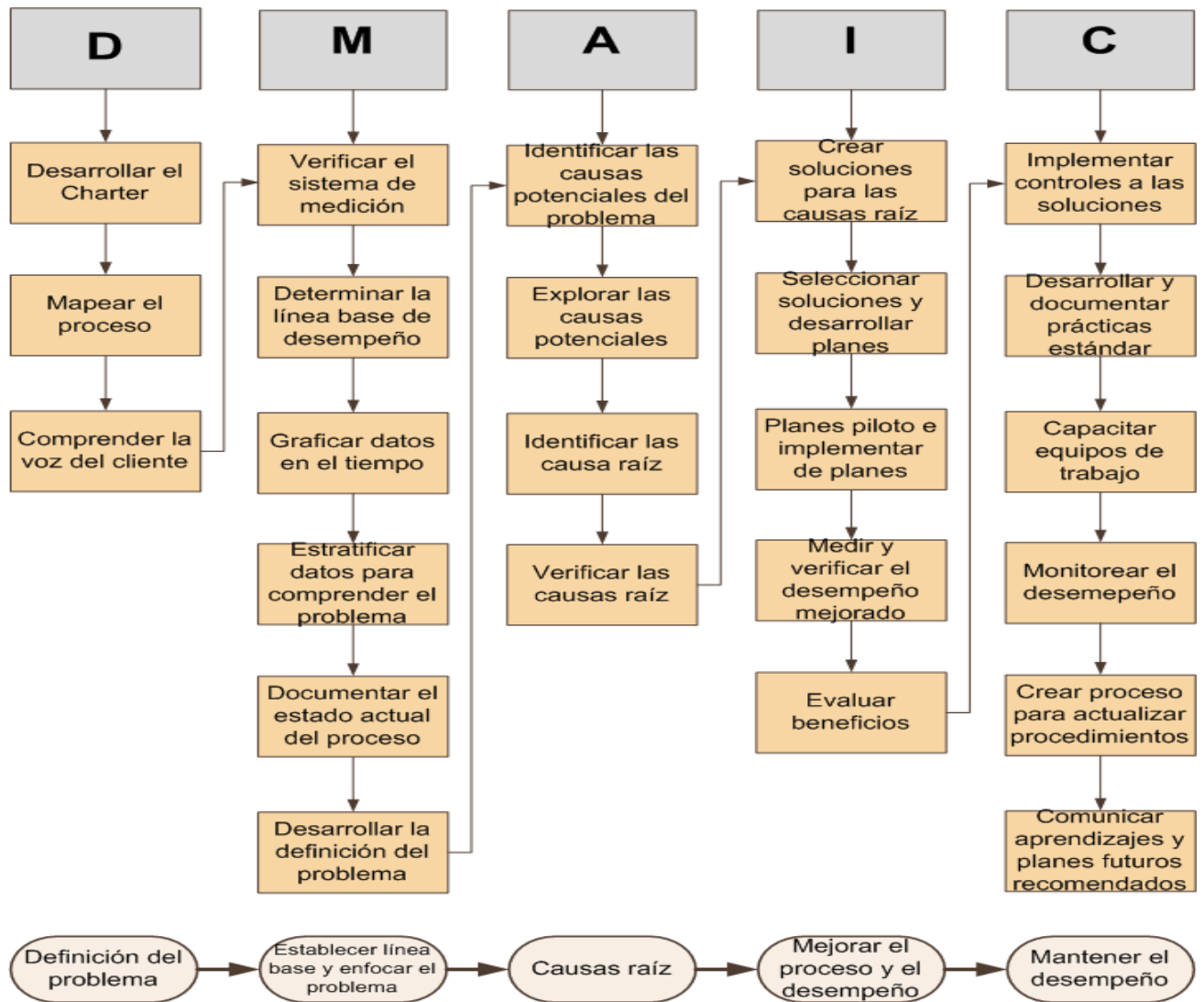


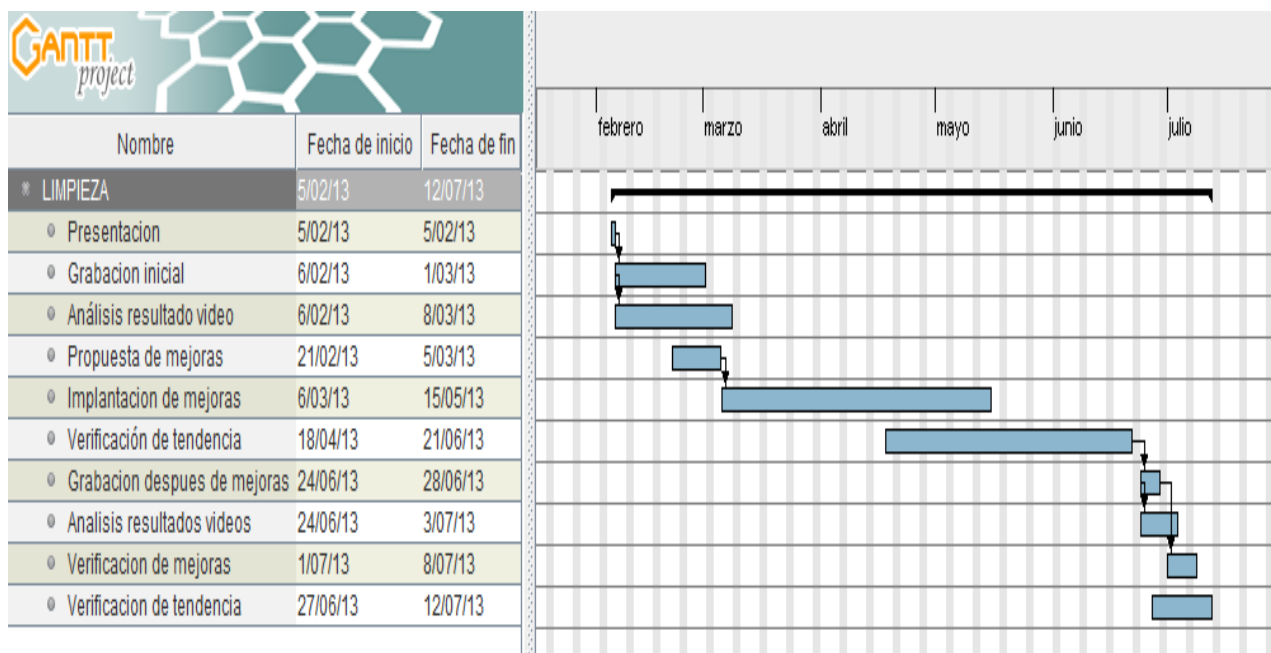
Ilustración 1.41. Metodología DMAIC [20]



### 1.3. PLAN DE PROYECTO

Durante mi estancia en la empresa he formado parte un proyecto a gran escala que engloba todas las secciones de la planta. Sin embargo, este documento sólo afecta a la sección de limpieza, por ser uno de los puntos más importantes del proyecto global, pues se trataba del cuello de botella de esta empresa.

En primer lugar se presentó el proyecto a los trabajadores, pues es muy importante que se sientan involucrados y sean proactivos con esta iniciativa. Luego, se hicieron unas grabaciones de video a esta sección para observar cómo se trabaja y el porcentaje de tiempos que requiere cada acción. A continuación nos reunimos con todo el equipo para proponer en común posibles mejoras, las cuales estudiamos para actuar como filtro y las que se lleven a cabo hacerlo de una forma efectiva. Tras esto, se implantó las mejoras y se verificó que con ellas se obtenía un mejor resultado. Para poder argumentar la eficacia de las mejoras implantadas se volvió a grabar en la sección y a estudiar y analizar estos videos. El trabajo desempeñado para efectuar este proyecto y como consecuencia elaborar este documento se estructura en el tiempo tal y como se indica en la *Ilustración 1.42*:



*Ilustración 1.42 Plan de elaboración del proyecto*

Mi proyecto de fin de carrera finaliza en ese punto, pero en el proyecto global este proceso se repite nuevamente, hasta conseguir los objetivos requeridos, como disminuir el lead time y trabajar de una manera óptima.

## Capítulo 1: Introducción

El proyecto global se ha realizado gracias al trabajo en equipo de cuatro integrantes, sin embargo, la responsable del grupo en la sección de limpieza de la empresa es la autora de este documento, aunque supervisada por el jefe de equipo, quien a su vez es la tutora de la empresa de la autora.

## 1.4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Este proyecto se divide en ocho capítulos, siendo éste el primero, en el que se ha ubicado el proyecto en un contexto permitiendo comprender la motivación de su realización y los objetivos que se desean alcanzar con el mismo. También se expone la metodología que se va a emplear, DMAIC.

En el segundo capítulo se realiza una descripción de la empresa y del sector. Se exponen cuatro bloques: en primer lugar se presenta a la empresa, narrando su historia y cómo nació, en segundo lugar, se detalla el producto/servicio que ofrece a sus clientes. A continuación se explica brevemente la competencia y por último las características del mercado en el que se encuentra, sector aeronáutico.

El tercer capítulo comienza con una introducción teórica del mantenimiento de motores aeronáuticos, para comprender el siguiente bloque dedicado a la explicación del proceso general que sigue un motor para un mantenimiento programado, exponiendo cada sección de la empresa que interviene en dicho motor. Finalmente se presenta el planteamiento que se va a seguir para acometer el proyecto.

El cuarto capítulo se dedica a la explicación detallada de la sección de estudio de este documento, limpieza. En él se describe exhaustivamente el proceso al que se somete el motor en este departamento con los recursos necesarios para realizarlos.

El quinto capítulo contiene la aplicación de la metodología DMAIC en la sección, por lo que se divide en seis bloques a su vez: Definición, Medida, Análisis, Mejora y Control, debido al acrónimo del que proviene, y por último un resumen final de este apartado.

El sexto capítulo muestra los resultados obtenidos tras la implantación del proyecto. En éste se analizarán las mejoras y los inconvenientes, con indicadores ya sean económicos o no.

El séptimo capítulo contiene las conclusiones, tanto del proyecto como personales, y los futuros desarrollos propuestos, tanto dentro de la sección como a nivel global de la planta, basados en la mejora continua teniendo como base este proyecto.

El octavo capítulo incluye las referencias bibliográficas consultadas a lo largo del desarrollo de este trabajo.

## Capítulo 1: Introducción

Al final de este documento se encuentran los anexos, que contienen la información necesaria para comprender, tanto el mismo como las técnicas mencionadas, y amplían los conceptos que son demasiado extensos para ser explicados durante el proyecto.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DEL SECTOR

### 2.1. HISTORIA DE LA EMPRESA

El primer vuelo a motor, prolongado y verificado, fue realizado el 17 de Diciembre de 1903 por los hermanos Wright. Catorce años después, en 1917, el avión Farman II voló con un motor **T80**, diseñado y fabricado por **Elizalde**. Éste fue el principio de la historia de la empresa **ITP** en la industria de motores aeronáuticos en España.

En los años 30 diseñó y fabricó la denominada serie **Dragón**, siendo el Dragón-V elegido por Juan de la Cierva para su último autogiro (antecesor del helicóptero). En el Dragón se incorporaban importantes innovaciones, como la utilización de culatas de aluminio-cobre. Tras la Guerra Civil reanudó su actividad con los motores **Beta**, del que tan solo se fabricaron 800 unidades que equiparon aviones como el CASA 202 "Halcón", el Hispano Aviación HA-100 "Triana" o el CASA 352 "Junker". En menos de un año, en 1941, se diseñó y fabricó el motor **Tigre**, produciendo 1.020 unidades de este motor, que equipó avionetas como las INTA HM-1, -2, -5, -9, AISA I-115, CASA 1131- resaltando esta última por ser la avioneta con la que se formaron casi la totalidad de los pilotos del Ejército del Aire de aquella época- y Dornier DO-25. A continuación llegaría el **Sirio**, fabricándose 173 unidades y que propulsó el bimotor CASA 201 conocido como "Alcotán" y las avionetas Hispano Suiza HS-42.

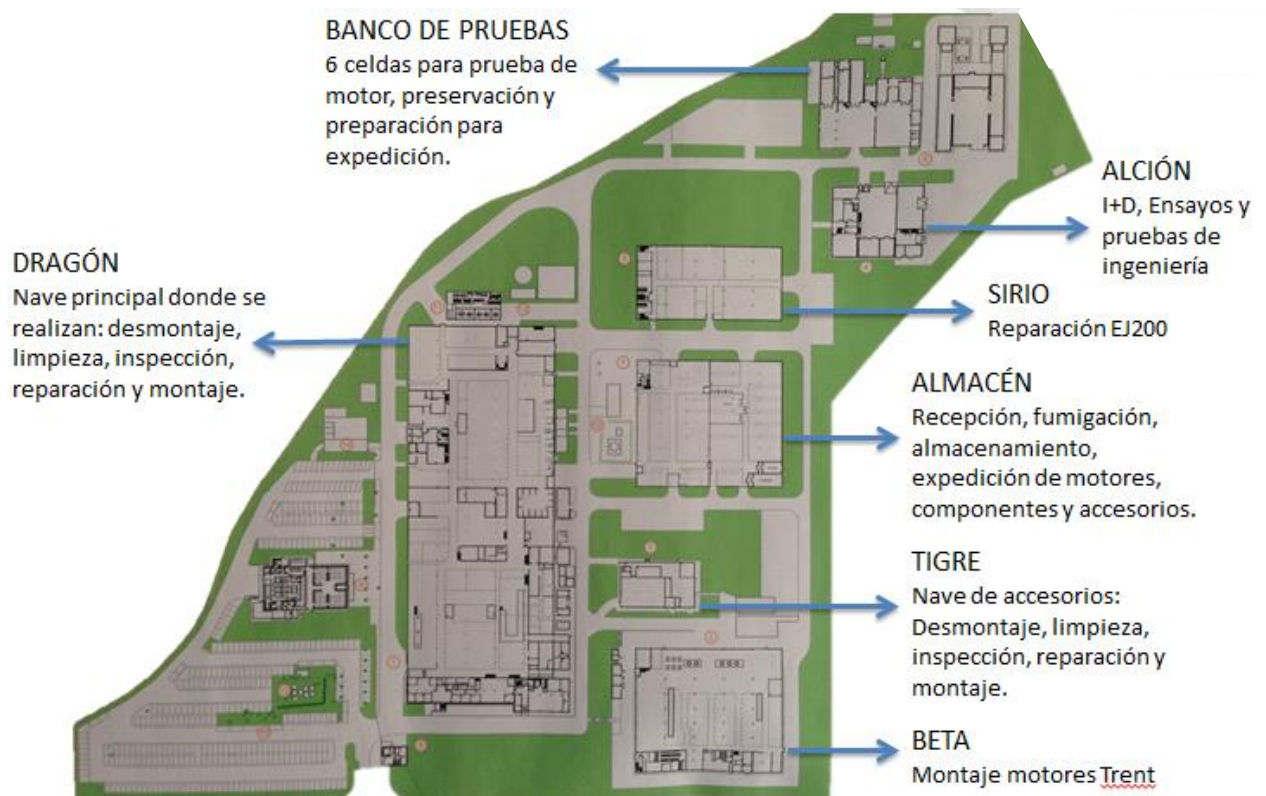
En 1951 la empresa Elizalde pasó a nombrarse **ENMASA** (Empresa Nacional de Motores Aeronáuticos), y emprendió el desarrollo del motor **Alción**. Éste constaba de siete cilindros en estrella y fue preconcebido para aviones muy diferentes y con diversas utilidades, y en particular para helicópteros por su pequeño diámetro exterior, 850 mm. En 1952 se comenzó el proyecto del motor **Flecha**, compuesto por cuatro cilindros opuestos. Por desgracia estos motores nunca pasaron de la primera fase, la preserie. Pero en 1955 voló el primer prototipo del avión Hispano Aviación HA-200 R1 denominado "Saeta", con un motor **Marboré II**, el primer turborreactor producido por esta casa. ENMASA fabricó 100 motores de esta serie, con licencia Turbomeca.

En 1959 la organización inauguró sus plantas de mantenimiento en la Comunidad de Madrid, más concretamente en Alcalá de Henares. El primer turborreactor que llegó a ellas fue un General Electric **J-47**, que propulsaba el **Sabre**. Tras este increíble inicio comenzaron las revisiones de los motores **Marboré** (desarrollado en 1964) y J-85 (en 1970), que equipaba al avión F-5. En 1972 se inauguró la planta de Ajalvir, también situada en la Comunidad de Madrid y en la que comenzaron a revisarse los motores **J-79**, incluidos en los F-4 Phantom.

A finales de este año, la empresa **CASA** absorbió a ENMASA. Así, tras 18 años, en junio de 1990, la factoría de Ajalvir cambió de titularidad a la recién fundada compañía **ITP**.

Actualmente esta empresa cuenta con 11 centros ubicados en España, Inglaterra, EE.UU. y México. ITP matriz tiene cuatro centros de trabajo: uno en Zamudio (Vizcaya), que no sólo es la planta de fabricación e ingeniería sino también sede social de la compañía, otro en Ajalvir (Madrid), planta dedicada al montaje, mantenimiento y pruebas, y una Oficina Comercial y otra Técnica en Madrid.

La planta de Ajalvir abarca una superficie total de 100.820 m<sup>2</sup>, de los que 38.166 m<sup>2</sup> están cubiertos. Sus actividades se centran en el montaje, reparación, pruebas, revisión y ensayos de motores aeronáuticos. Gracias a la capacidad de mantenimiento de esta planta ITP se ha convertido en el servicio oficial de mantenimiento de casi todos los fabricantes mundiales de aviación. Además dispone de una actividad ascendente de montaje de módulos y motores nuevos.



*Ilustración 2.1 Planta ITP de Ajalvir [21]*

### **Dirección Física**

Ctra. Torrejón- Ajalvir, M-108 Km 4  
28864 Ajalvir (Madrid)  
España

**Teléfono:** 91 205 45 00

**Fax:** 34 91 205 46 50

### **Apartado Postal**

Apartado de Correos: 111  
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)  
España

Con Sede Social en:

Edificio 300 Parque Tecnológico,  
48170 Zamudio- Vizcaya

## 2.2. PRODUCTO/SERVICIO

Actualmente el Grupo ITP, está compuesto por **SENER** (participando con un 53,125%) y **Rolls-Royce** (con un 46,875%). El **Grupo ITP** cuenta con 18 centros operativos distribuidos en España, Gran Bretaña, Malta, India, México y Estados Unidos; contando con una plantilla superior a 3000 trabajadores.

Esta empresa internacional desarrolla diversas actividades, estando clasificadas en: Diseño, Investigación y Desarrollo, Fabricación y Fundición, Montaje y Pruebas de motores aeronáuticos y turbinas de gas. También es el servicio oficial de mantenimiento de la mayor parte de los fabricantes de motores existentes actualmente en el mundo. Otra posible clasificación sería según su línea de actividad: Desarrollo y Producción de Equipo Original -que incluye turbinas de baja presión, estructuras radiales, toberas, sistemas de conexiones exteriores y compresores-, Ensayos y servicios experimentales -compuesto por instrumentación, diseño, fabricación y ensayo de riesgos de componente y módulo de motor, ensayos tanto de componentes como de motor y desarrollo y operación de celdas de ensayo de motores- y Soporte en Servicio -dividido a su vez en mantenimiento y reparación de motores, reparación de componentes y accesorios, MRS (Mobile Repair Services), Customer Support y gestión de repuestos y flotas-.

Por lo tanto el producto y servicio ofrecido por ITP se puede resumir en la *Ilustración 2.2*:





Ilustración 2.2. Producto y servicio ofrecido por ITP [21]

ITP es una organización líder mundial que aporta productos y servicios de elevada tecnología al mercado tanto de motores aeronáuticos como industriales en todo el ciclo de vida del producto.

A lo largo de su historia, la empresa ha conseguido ser líder mundial gracias a su tecnología exclusiva, a sus productos de alta calidad, siendo respetuosos con el medio ambiente y, especialmente, al talento y compromiso con los que sus numerosos empleados abordan la excelencia y la satisfacción del cliente.

A su vez ITP también es socio de significativos programas de aviación civil y de Consorcios de Defensa Europeos (como MTRI, EUROJET y EUROPROP) y cuenta con socios de referencia entre los que destacan: Rolls-Royce, GE, P&W, Snecma y Honeywell.

La visión de esta empresa es la siguiente:

*“Empresa global, líder en el mercado de motores aeronáuticos e industriales por su tecnología y respeto ambiental durante todo el ciclo de vida del producto.*

*Comprometidos con la excelencia en la gestión, desarrollamos una fuerte asociación con nuestros clientes, aportando valor a la compañía y a todos sus grupos de interés.” [21]*

Los valores proporcionados por esta organización se pueden resumir en:

- **LIDERAZGO.-** Lideran con el ejemplo y son un equipo único y global. Compartiendo su visión motivando a los trabajadores para el logro de los objetivos.
- **SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.-** Proactividad y actitud necesaria para superar las expectativas de sus clientes, garantizando con ello la seguridad de los productos que ofrecen.
- **ORIENTACIÓN A RESULTADOS.-** Sus objetivos son exigentes y están comprometidos en alcanzarlos.
- **INNOVACIÓN.-** Generan soluciones creativas y ambiciosas para crear y añadir valor en sus productos y servicios.
- **COMPROMISO.-** Contribuyen con entusiasmo a desempeñar eficazmente sus obligaciones.
- **ÉTICA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL.-** Comprometidos con la Ética, la Salud y la Seguridad en el ambiente de trabajo, aportan valor a la Sociedad respetando el medio ambiente y promoviendo el desarrollo sostenible.

### 2.3. COMPETENCIA NACIONAL E INTERNACIONAL

#### Nacional

Hasta 2012 ITP no tenía competencia en el ámbito nacional, pero en ese año Iberia consiguió la licencia para realizar el mantenimiento de las turbinas GG8 y ese mismo año firmó un contrato para realizar esta tarea con las turbinas industriales de Endesa. Las tareas de inspección, reparación y sustitución de componentes de las turbinas GG8, que forma parte de las turbinas FT8, un derivado industrial del motor JT8D, se realizan en el taller de motores que Iberia Mantenimiento tiene en su zona industrial de Madrid (conocida como La Muñoza y próxima al aeropuerto de Barajas). Esta empresa ocupa el noveno lugar en el ranking mundial de empresas dedicadas a ese sector. Es importante señalar que Endesa presta servicio a más de 25 millones de clientes.

En la actualidad el mercado español está dominado por ITP, con una capacidad de reparación superior a 400 motores al año, a diferencia de Iberia cuya presencia no alcanza el 7% de la cuota de mercado.

#### Internacional

En el ámbito internacional la competencia aumenta notablemente, destacando las siguientes compañías: Snecma, Volvo, Avio, MTU, Lufthansa y los propios fabricantes (Rolls&Royce, General Electric, Pratt&Whitney y Honeywell). A continuación expodré brevemente cada uno de estos competidores.

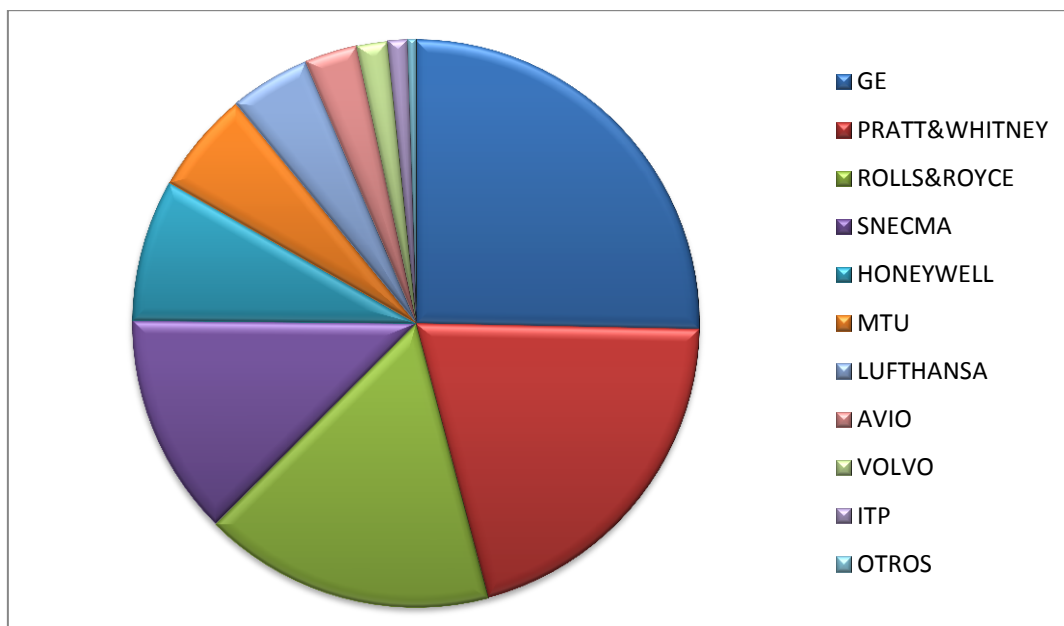


Ilustración 2.3. Cuota de mercado

Snecma, siglas en francés de *Société Nationale d'Étude et de Construction de Moteurs d'Avion*, forma parte del grupo SAFRAN (empresa francesa dedicada al diseño, fabricación y mantenimiento de reactores civiles y militares pero también de sistemas propulsivos para cohetes y satélites). Snecma tiene motores para todo tipo de aeronaves pero destaca especialmente la familia de CFM-56 (que produce junto con GE). Respecto la parte militar del negocio, Snecma motoriza los Mirage 2000, Rafale y entrenadores Alpha entre otros. Además es uno de los principales socios en el diseño del motor del avión de transporte europeo A400M. Snecma es el líder mundial en servicios comerciales para el lanzamiento de cohetes al espacio.

Volvo Aero Services presenta más de 30 años de experiencia y es una de las mayores carteras de activos de calidad de la aviación a nivel mundial. Ha desarrollado relaciones sin precedentes de abastecimiento, como clientes de los líderes de la industria, incluyendo organizaciones como Boeing, General Electric y Embraer, además de convertirse en un proveedor preferido para las principales aerolíneas.

Las actividades de la empresa Fiat Avio se centran sobre todo en el diseño y fabricación de las cajas de engranajes, turbinas de baja presión, sistemas de lubricación, unidades de potencia auxiliares (como la del EF2000 Typhoon junto a CESA y Honeywell) y cámaras de combustión. En el ámbito civil, la compañía forma parte de los mayores programas de diseño y producción de motores. Aunque no produce motores completos por sí solo, participa en los programas civiles GE90, GEnX, CF6-80, SaM146, CFM56 y Trent900. Mientras, en el ámbito militar participa tanto en el programa TP400 para el A400M como en el EJ2000 para propulsar el Eurofighter. Además colabora con P&W en el desarrollo del F136.

MTU es una compañía alemana resultado de la fusión de varias compañías de dicho país. Aunque abarca tanto el mercado civil como el militar, el primero tiene una mayor relevancia. Aliada con Pratt&Whitney y General Electric, está involucrada en todas las categorías de potencias y en todos los subsistemas y componentes de los mayores motores. En el ámbito militar la compañía siempre ha formado parte, junto a las fuerzas armadas alemanas, del proyecto de motores de aviación y es la principal compañía alemana en los programas militares de todo el mundo. La empresa fabrica motores especiales, para locomotoras, navíos, vehículos militares, para maquinaria agrícola, minería, equipos de construcción, generadores diésel y más recientemente para celdas de combustible de carbonato para vehículos ecológicos.

Lufthansa es una compañía aérea alemana considerada desde 2009 como la aerolínea más grande de Europa. Fue una empresa pública, con el 100% de acciones hasta el año de 1953 en manos del Gobierno Federal Alemán. En el año 1966 su acción cotizó por primera vez en bolsa y en el 1994 el Gobierno aún poseía el 34% de las acciones. Sin embargo, desde 1997 toda la compañía se encuentra en manos privadas. La flota actual se compone de Airbus y Boeing especialmente. Sus hangares para reparaciones se encuentran en Hamburgo.

Rolls-Royce es uno de los fabricantes de motores de aviación más importantes del mundo dando servicio desde pequeños aviones para ejecutivos hasta grandes de transporte civil pasando por el área militar. La compañía logró firmar acuerdos, compartiendo riesgos y beneficios, con nuevos socios por valor de un 40% del programa Trent XWB. El Trent 1000 está preparado para el primer vuelo del Boeing 787. Exitosa entrada en servicio del Trent 900 en los A380 de Singapore Airlines y Qantas, del IAE V2500 Select One TM y del BR725 para el nuevo Gulfstream G650. El negocio funcionó bien a pesar de las condiciones socio-económicas de crisis global que se han dado en 2008 que afectaron al mercado aeronáutico de manera acusada. El mantenimiento de motores constituye un 60% del total de las ventas. Rolls-Royce es el mayor proveedor de motores militares de Europa y cuenta con 160 clientes en 103 países y 16.000 motores en servicio.

General Electric, también conocido como GE, es una corporación multinacional conglomerada de infraestructura, servicios financieros y medios de comunicación, altamente diversificada y con origen estadounidense. Esta compañía está presente en más de 100 países y tiene más de 300.000 empleados por todo el mundo. En 2011, la compañía fue honrada por Fortune con el sexto puesto en la lista de las mayores firmas de los Estados Unidos, así como el decimocuarto puesto en la lista de las empresas estadounidenses más rentables. Otras clasificaciones para ese año la incluyen como la séptima compañía para líderes, la quinta mayor marca global, la 82ª compañía "verde", la decimotercera compañía más admirada, y la decimonovena compañía más innovadora. En los Centros de Investigación de GE se han inventado entre otros: la primera bombilla de filamento de carbono incandescente (1879), la máquina de rayos X (1896), el ventilador eléctrico (1902), la tostadora eléctrica (1905), la nevera (1917), la lámpara fluorescente (1938), las siliconas (1940), el primer motor a reacción en los EE.UU. (1941), el plástico Lexan (1953), los lingotes de cuarzo que hicieron posible la revolución de la fibra óptica en las telecomunicaciones (1981), el sistema de ultrasonidos 4D (2002), etc.

La posición de Pratt&Whitney cambió de un estatus de líder a nivel mundial al segundo puesto detrás de GE desde hace ya varios años. Al igual que G.E. esta compañía se ha visto fuertemente impactada por la contracción del mercado de transporte aéreo desde el tercer trimestre de 2001 por el atentado terrorista en los Estados Unidos y la crisis económica en la que estamos sumergidos hoy en día. Esto ha requerido varios años de profunda reestructuración para reducir costes. Por ejemplo, para hacer frente a la bajada en la demanda se comprometió con sus clientes en el desarrollo de sistemas que permitían la reducción inmediata de los costes de mantenimiento de sus motores que tanto afecta a los márgenes de las líneas aéreas. Sin embargo, los resultados de la compañía siguen en aumento estos últimos años ya que se puede apoyar sobre los numerosos reactores que están en servicio tanto en el sector civil como en el sector militar. En el segmento militar, el mercado parece sonreír a P&W ya que produce el F119 del F-22 Raptor y desarrolla el F135 del F-35 Lightning II (mercado potencial de más de 6.000 unidades) preferido al F136 por ahora. También está presente en los aviones de generación anterior con el F100 (puede equipar el F-15 y el F-16) lo que representa un mercado de repuestos importante.

Honeywell es una importante empresa multinacional estadounidense que produce una gran variedad de productos de consumo, servicios de ingeniería y sistemas aeroespaciales para una amplia variedad de clientes, desde particulares a grandes corporaciones y gobiernos. Consta con una mano de obra superior a 100.000 empleados. Algunos de los productos más conocidos son la gama para el hogar de termostatos y productos para el automóvil vendidos bajo los nombres de Prestone, Fram, y Autolite. Honeywell International es conocida por su implementación agresiva y su práctica diaria de las técnicas de seis sigma y fabricación esbelta, comúnmente llamadas *Six Sigma Plus*. Esta técnica se centra en la reducción de errores/fallos, mejorando el ciclo de tiempo y reduciendo costes. Recientemente, Honeywell anunció la implementación de una filosofía corporativa conocida como el Sistema Operativo de Honeywell (HOS), el cual incorporaba métodos del sistema de producción de Toyota.



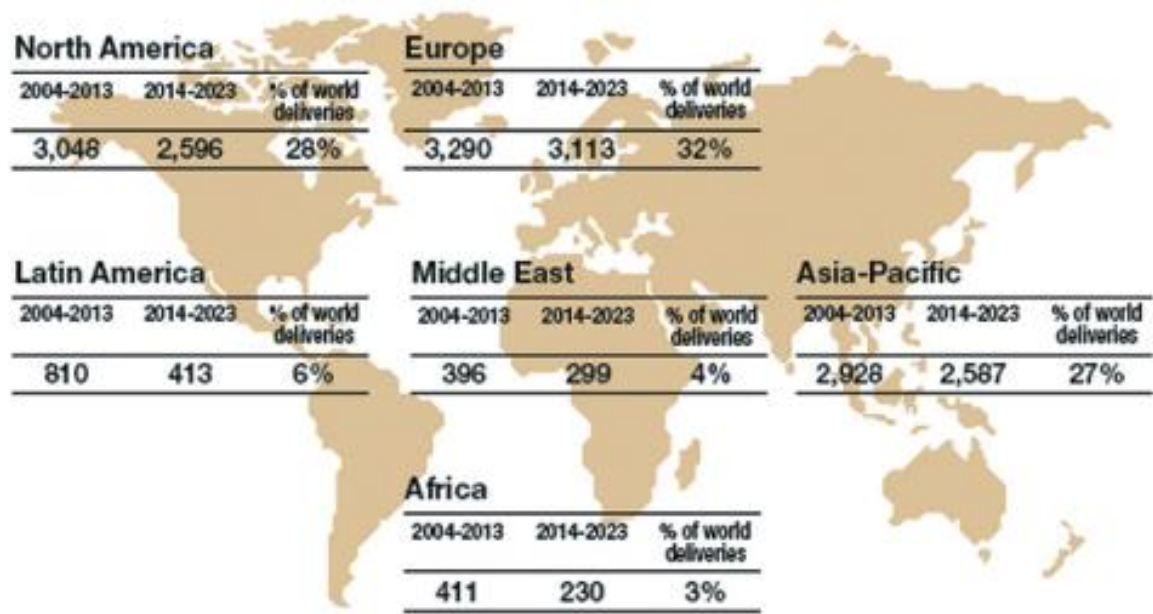


Ilustración 2.4. Cuota de mercado por países [10]

En la *Ilustración 2.5* se observa una gráfica para visualizar una comparativa de la cuota de mercado entre las empresas más importantes del sector.

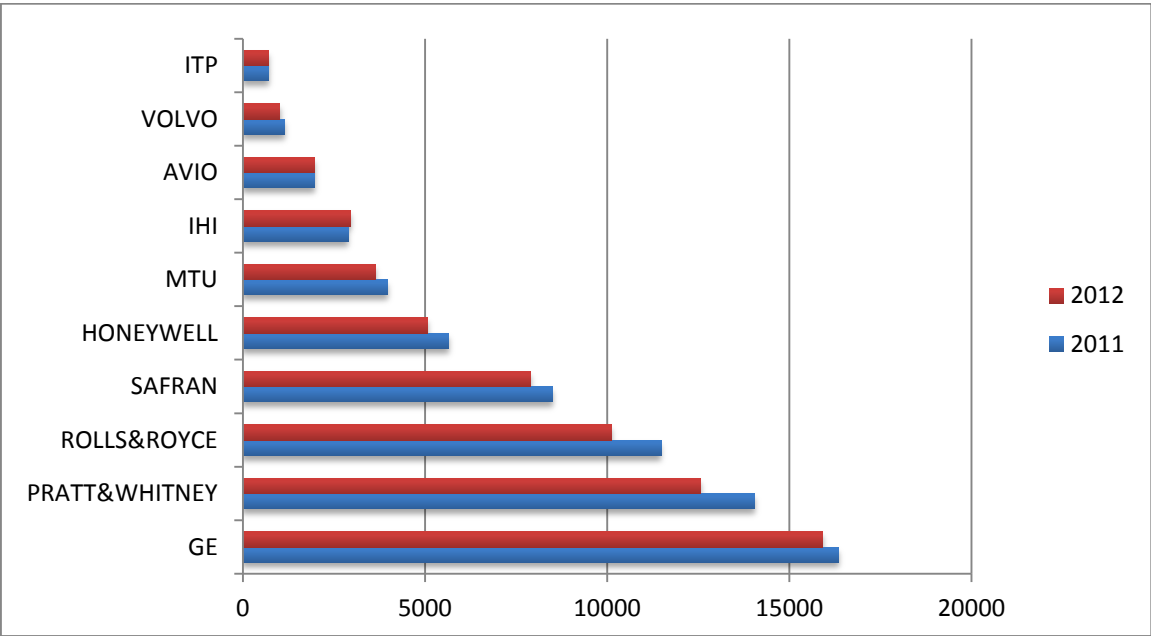


Ilustración 2.5. Comparación de cuota de mercado entre las empresas del sector

## 2.4. MERCADO

El sector aeroespacial presenta características propias que le convierten en un mercado difícil, a continuación se describirán brevemente dichas características.

- **Producto muy complejo.** Un avión está formado por miles de piezas que deben trabajar acompasadamente y que se encuentra regido en muy alta medida por sistemas informáticos avanzados. Además, no hay que olvidar que un avión transporta a miles de personas, por lo que su fiabilidad debe ser muy elevada para asegurar la seguridad de los pasajeros en todo momento. Por todo esto dicho producto es considerado muy sofisticado.
- **Producto con elevado coste de desarrollo y lento retorno de la inversión.** Actualmente los costes de desarrollo de un nuevo avión de tamaño medio-grande supera los 20.000 millones de euros, y el retorno de inversión está entorno a los 15 años.
- **Alta Tecnología.** Dado que un avión es un producto muy complejo y sofisticado, se requiere la utilización de una elevada tecnología para su diseño, desarrollo, fabricación y por supuesto también para su mantenimiento.
- **Elevado Gasto en I+D+i.** Para mantenerse en el mercado es necesario una alta tecnología y un nivel de innovación acorde con el producto y las necesidades o deseos que cubre o debería cubrir de sus clientes. Por tanto, es necesario e imprescindible por parte de las empresas un gran gasto en “Investigación, Desarrollo e Innovación”.
- **Mercado muy concentrado.** En la actualidad el número de empresas capaces de diseñar, fabricación, mantener y volar un avión es muy pequeño. Pero dicho número sigue siendo pequeño incluso en empresas de menor tamaño que colaboran con las anteriores.
- **Difícil penetración.** Debido a las características anteriores: elevada tecnología, gran gasto en I+D+i y concentración empresarial, resulta un mercado de difícil penetración para nuevas empresas, debido a que suponen unas elevadas barreras de entrada en el sector.
- **Beneficios ajustados.** A la alta complejidad y un elevado coste de desarrollo, le siguen unos ajustados beneficios; esto es debido a que el precio de venta tiene que estar limitado por la propia dinámica del mercado.



- **Supremacía de los países más desarrollados:** pues disponen de mayor capacidad de inversión y de potenciación de su defensa.
- **Fuerte competencia:** aunque los beneficios son muy ajustados debido a la baja competencia, su fuerza es muy elevada. Se debe resaltar la influencia de factores de tipo tecnológico y político y la gran dependencia gubernamental.
- **Dualidad (Civil-Militar):** permite el trasvase tanto de tecnología como de personal de una actividad a otra.
- **Largos ciclos de producto:** la capacidad de producción debe mantenerse en la parte baja de los ciclos económicos, para poder afrontar las subidas posteriores.

Dicho sector está compuesto por los siguientes segmentos:

- Sector Industrial Espacial
- Aviación General
- Aerolíneas y servicios de transporte aéreo
- Servicios aeroportuarios
- Sector Industrial Aeronáutico

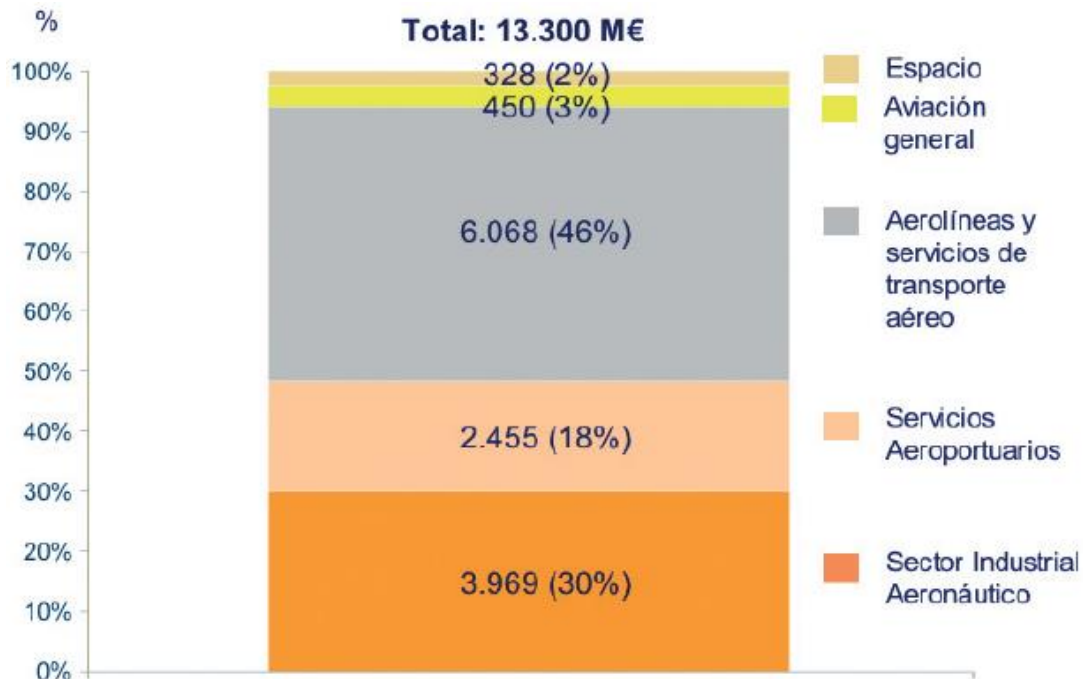


Ilustración 2.6. Facturación del sector aeroespacial español por segmentos. [22]

De todos estos segmentos el responsable de las sucesivas innovaciones tecnológicas del sector es el Sector Industrial Aeronáutico.

Tras los acuerdos que el CDTI ha alcanzado con los gobiernos de las Comunidades Autónomas Españolas que tienen actividad aeronáutica, se espera que la dotación de ayudas a la I+D a este sector crezca los próximos años aproximadamente un 13% anual, obteniendo alrededor de 550M€.

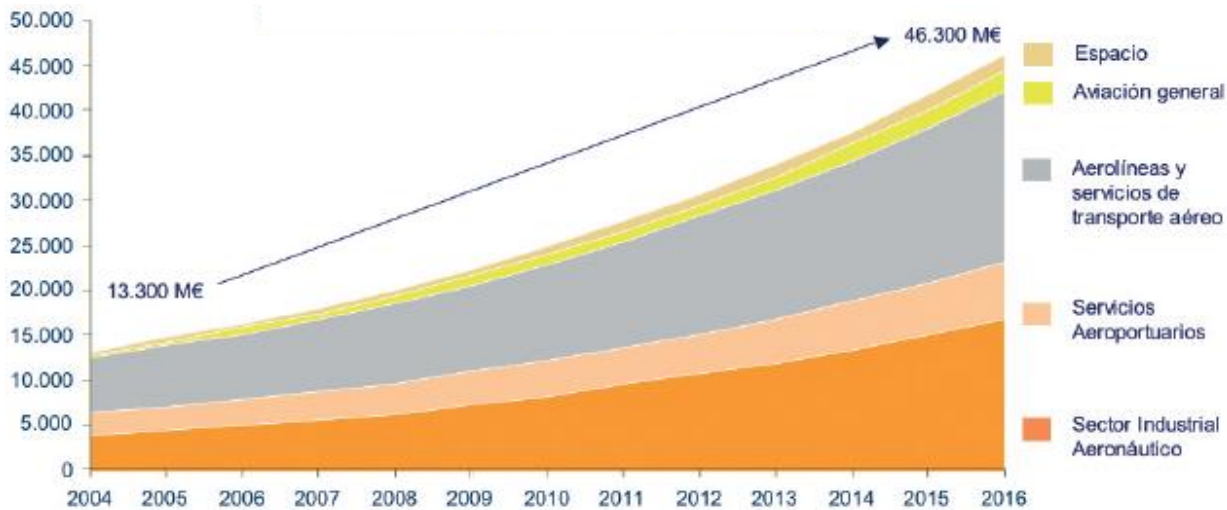


Ilustración 2.7. Facturación agregada del sector aeroespacial español por segmentos. [22]

Las principales empresas del sector aeronáutico español se muestran en la Ilustración 2.8:

ACTIVIDAD	Número de Empresas	>1.000 empleados	1.000-250 empleados	250-100 empleados	<100 empleados
Fabricantes de aeronaves	2	EADS		EUROCOPTER	
Constructores de célula	2	AIRBUS, AERTOM			
Motores	1	ITP			
Ingeniería, Sistemas y Equipos	5	INDRA	gmv	SENER, TECNIBIT	IMPER, PROGRAMAS, ELIMCO, INESPASA, CIMSA
Paracaídas	1				
Mantenimiento	1	MAINTENANCE IBERIA			
Ingenierías	4				RAMEM, TECAER
Tecnologías de la información	1				GEDAS IBERIA
Materiales Compuestos	4		QC	SACESA	HEXCEL
Bienes de Equipo, Utillajes y Mecanizados	16		Grupo TAM	TMS, SK 10	ACATEC, DELTA VIGO, GAZC, MESCRIBANO, M. GINES, NOVALTI, SMA, SPASA, TADA, SERRA, Aer, RODRISER
Pintura	1				PINTABUS
Asociaciones Regionales	3				
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>24</b>

Ilustración 2.8. Principales empresas del sector en España [23]

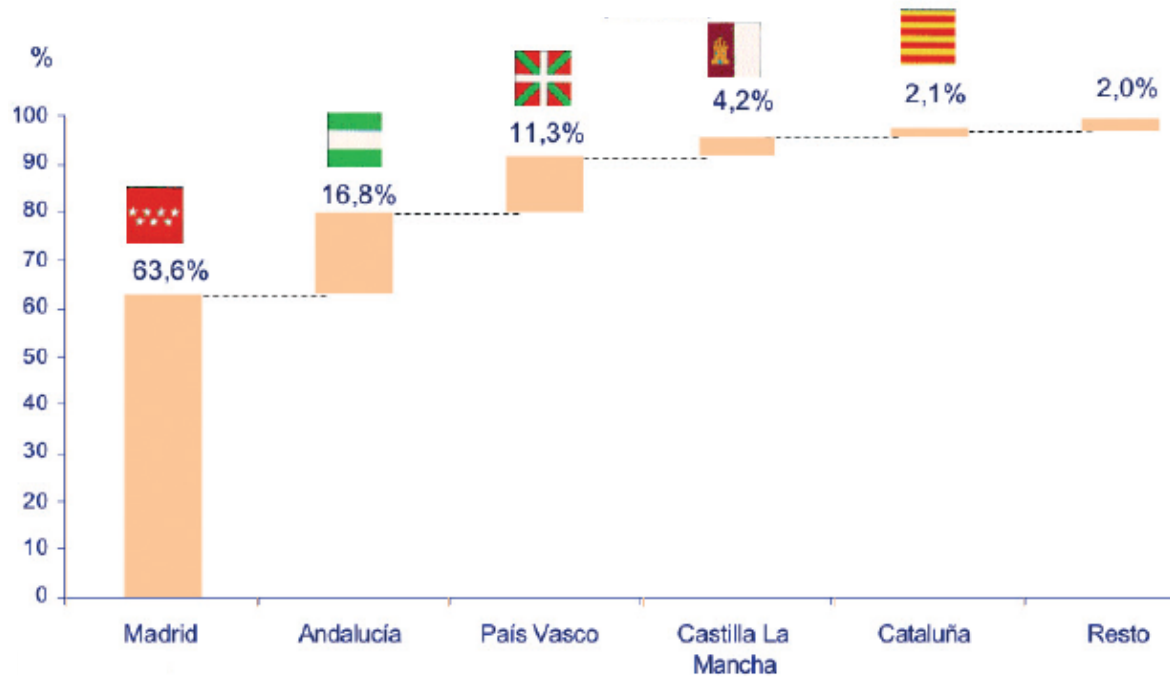
El sector aeronáutico español está formado por aproximadamente 35000 empleados. Estudiando la importancia relativa en ventas se observa que la producción de aviones es el segmento de mayor peso y el mantenimiento el quinto. La distribución por actividad del sector aeronáutico español se presenta en la *Ilustración 2.9*:



*Ilustración 2.9. Distribución por actividad del sector aeronáutico español. [24]*

El sector aeronáutico es uno de los sectores que participa más intensamente en I+D. En España el nivel promedio de inversión está cercano al 15%. Cabe mencionar que en nuestro país esta inversión está realizada en casi un 50% por empresas privadas; este hecho supone un crecimiento en los últimos años (en el año 2005 la inversión fue de un 43%). En comparación con otros países la inversión en España se encuentra en un nivel análogo, pero la rentabilidad está por encima de la media de la industria manufacturera (con un margen aproximado del 6%). Sin embargo, este país está por debajo de la rentabilidad promedio del sector aeroespacial.

La industria aeronáutica española está concentrada geográficamente, donde el mayor punto de concentración es la Comunidad de Madrid (con aproximadamente el 64% de la producción), seguida de Andalucía (con casi el 17%). En la *Ilustración 2.10* se muestra este reparto por comunidades autónomas:



*Ilustración 2.10. Reparto de la facturación agregada por Comunidades Autónomas de la industria aeronáutica española. [24]*

No obstante el país líder en I+D+i es Estados Unidos, encontrándose la Unión Europea en segunda posición. Rusia heredó de la Unión Soviética un nivel tecnológico elevado, pero sus dificultades económicas han influido negativamente en su capacidad. China, Japón e India son países que ambicionan poseer una industria aeroespacial capaz de situarlas entre los grandes, aunque actualmente se encuentran ausentes en el sector de la aviación comercial pero con gran presencia en el sector espacial. Canadá y Brasil son proveedores a nivel mundial de aviones regionales. Por su parte, Israel es líder en la fabricación de misiles tácticos y balísticos. En cambio, países como Australia, Indonesia, Taiwán, Corea del Sur o Turquía persiguen unos objetivos que son al mismo tiempo militares y económicos en el desarrollo de su política aeronáutica, pero están lejos de considerarse competencia de los países que ya están asentados en el mercado.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL Y ENTORNO A LA SECCIÓN**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO DE MOTORES**

Detrás del servicio que ofrecen los aviones, muchas horas de trabajo e instrucción de miles de mecánicos, técnicos e ingenieros y un elevado coste económico, son asumidos por las compañías aéreas para ejecutar un adecuado y constante mantenimiento de todos sus aviones.

Los aparatos se montan y desmontan siguiendo un plan de revisiones y actuaciones, programado por normas vigentes, acorde con el número de horas de servicio entre otros parámetros. Las revisiones tienen diferentes grados de intervención, pueden ser tan profundas que incluyan el desmantelamiento completo del avión, para comprobar los remaches de las uniones de las planchas del fuselaje y las alas.

Existen tres tipos de mantenimiento, los cuales se explicarán a continuación:

#### **I. Mantenimiento en Línea**

- ❖ **No Programado:** se procede tan pronto se ha constatado alguna avería, donde los técnicos, mecánicos e ingenieros se desplazan hasta la situación del avión para revisarlo y arreglar el fallo lo antes posible.
- ❖ **Programado:** se ejecuta siguiendo un programa de revisión, recambio de piezas y subconjuntos normado y concreto. La finalidad de esta revisión es conservar el certificado de aeronavegabilidad de los aviones y regenerar el nivel especificado de fiabilidad. Se divide en capítulos y subcapítulos, según la normativa **ATA 100**, la cual es una forma de organizar las distintas partes, reparaciones o tipos de sistemas de cualquier aeronave (ya sea helicóptero o avión), por lo que esta norma es la que estipula y detalla las tareas a realizar y los intervalos en que deben realizarse (medidos por horas de vuelo realizadas). Estas revisiones se realizan de acuerdo con la documentación original proporcionada por los fabricantes (célula, motor y componentes), completada con la información proporcionada por otras compañías aéreas usuarias de los mismos aviones. El programa de mantenimiento final y cualquier modificación del mismo deben someterse a la aprobación del organismo oficial verificador, que en España es la Aviación Civil.

El mantenimiento programado se divide en 3 subcategorías: revisión de tránsito, diaria y revisión S.

El **mantenimiento programado de tránsito** conlleva una inspección rápida que debe realizarse antes de cada vuelo, incluyendo las escalas. De esta forma, se comprueba el estado general del aparato: posibles daños estructurales, neumáticos, aceite, registros y paneles de acceso, servicio a la aeronave, etc. La **revisión diaria** es necesario que se realice antes de comenzar el primer vuelo del día, sin exceder las cuarenta y ocho horas. Durante dicha revisión se comprueba el estado general del avión, disponiendo del tiempo adicional necesario para diseñar una acción correctiva si fuese necesario. Finalmente, la **revisión S** se realiza cuando se alcanzan las cien horas de vuelo. Durante la misma, se comprueba de una forma más exhaustiva a la anterior revisión todos los aspectos relacionados con la seguridad alrededor del avión, se corrigen posibles anomalías, se desarrollan instrucciones específicas y se realiza una comprobación de todos los niveles de fluidos necesarios para el vuelo.

### II. **Mantenimiento Menor**, compuesto a su vez por otras tres inspecciones:

**Revisión A**, conlleva una inspección general de los sistemas, las componentes y la estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar la integridad de la aeronave.

**Revisión B**, de mayor intensidad que la anterior mencionada, comprueba la seguridad de los sistemas, las componentes y la estructura, añadiendo la comprobación del servicio del avión y la corrección de los elementos que lo requieran.

**Revisión C**, es una inspección completa y extensa, se realiza por áreas, incluyendo todas las zonas interiores y exteriores del aparato, y contiene los sistemas, las instalaciones y la estructura visible.

### III. **Mantenimiento Mayor**

Denominado también como **Programa de Inspección Estructural** o “gran parada”. Es la revisión más minuciosa y profunda por la que tienen que pasar todos los aviones. Ésta debe cumplir con las exigencias demandadas para la verificación del buen estado técnico y operativo de las aeronaves, lo que garantiza en gran medida la seguridad del vuelo.

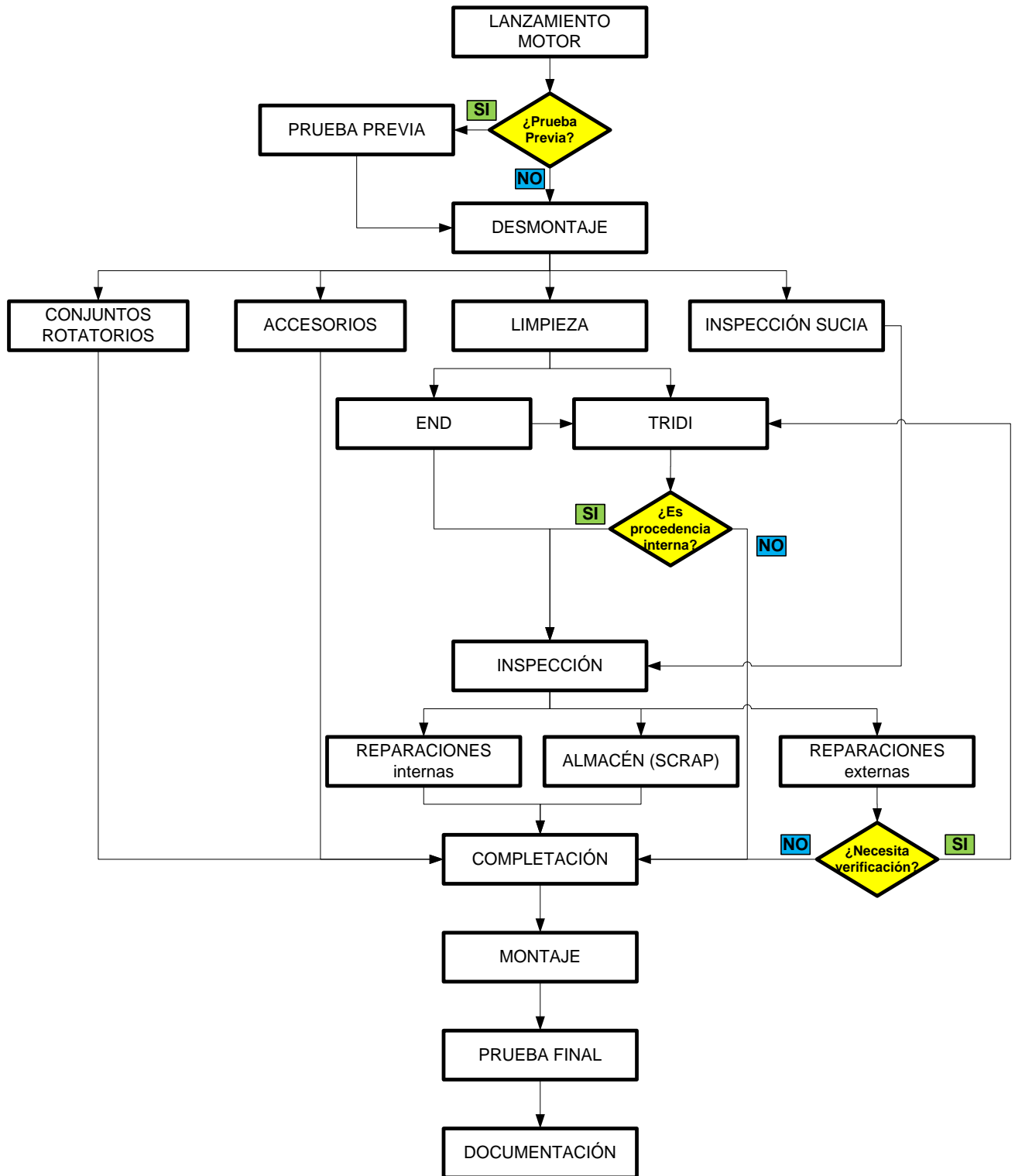
Este mantenimiento se ajusta a estrictas normas y procedimientos, incluso requiere de la sustitución de innumerable cantidad de piezas que componen el motor del avión, independiente del buen estado en que se encuentren. Los repuestos empleados deben ser piezas nuevas, originales y acordes a las regulaciones internacionales. Esta es la revisión más completa que se puede realizar al motor del avión.

Este proceso finaliza con verificaciones funcionales en tierra y, posteriormente, en un vuelo de pruebas durante el cual se confirma el correcto funcionamiento de todos los sistemas del avión. El vuelo de prueba verifica el funcionamiento y la efectividad de todos y cada uno de los componentes, pues se somete al motor a situaciones límite que es casi imposible que sucedan en la realidad. Todas las compañías aéreas deben seguir y cumplir con estos procedimientos de mantenimiento, indistintamente del buen estado de la flota de sus aeronaves.

Al final del proceso, el motor del avión sale de la planta de mantenimiento con cero horas de vuelo, es decir, como recién salido de fábrica.

### 3.2. PROCESO GENERAL

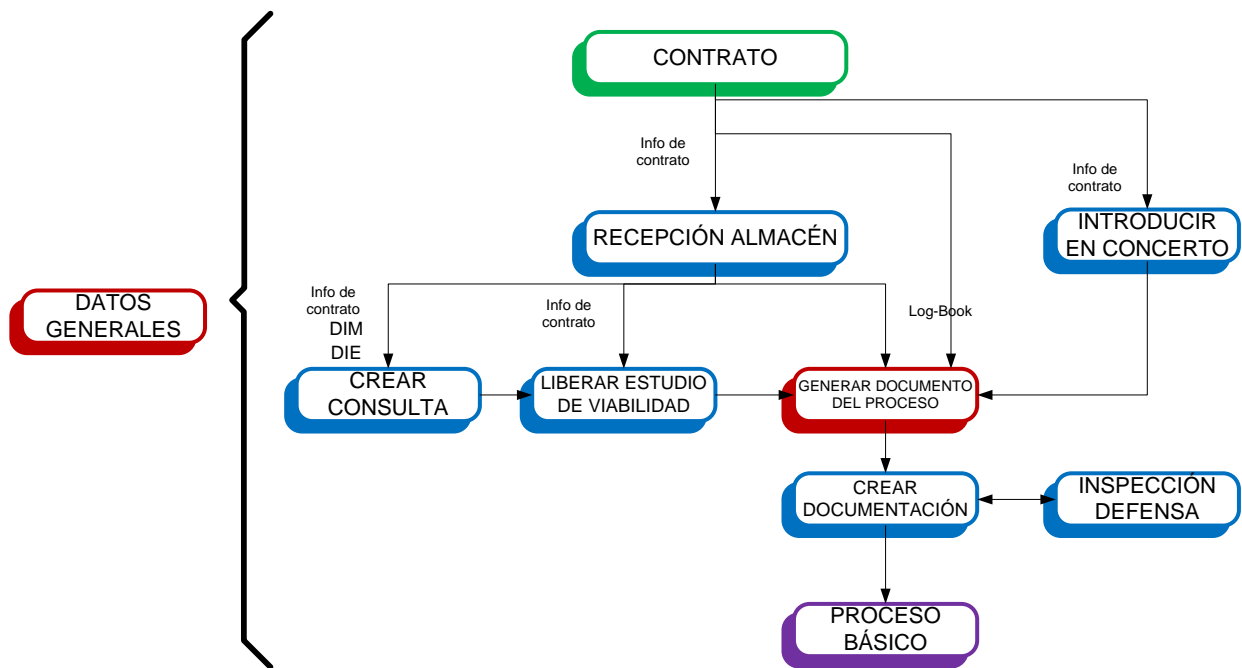
En primer lugar se expondrá el mapa de proceso general (*Ilustración 3.1*) y a continuación se realizará una breve explicación introduciendo en cada proceso el process map correspondiente.



*Ilustración 3.1 Process Map general*

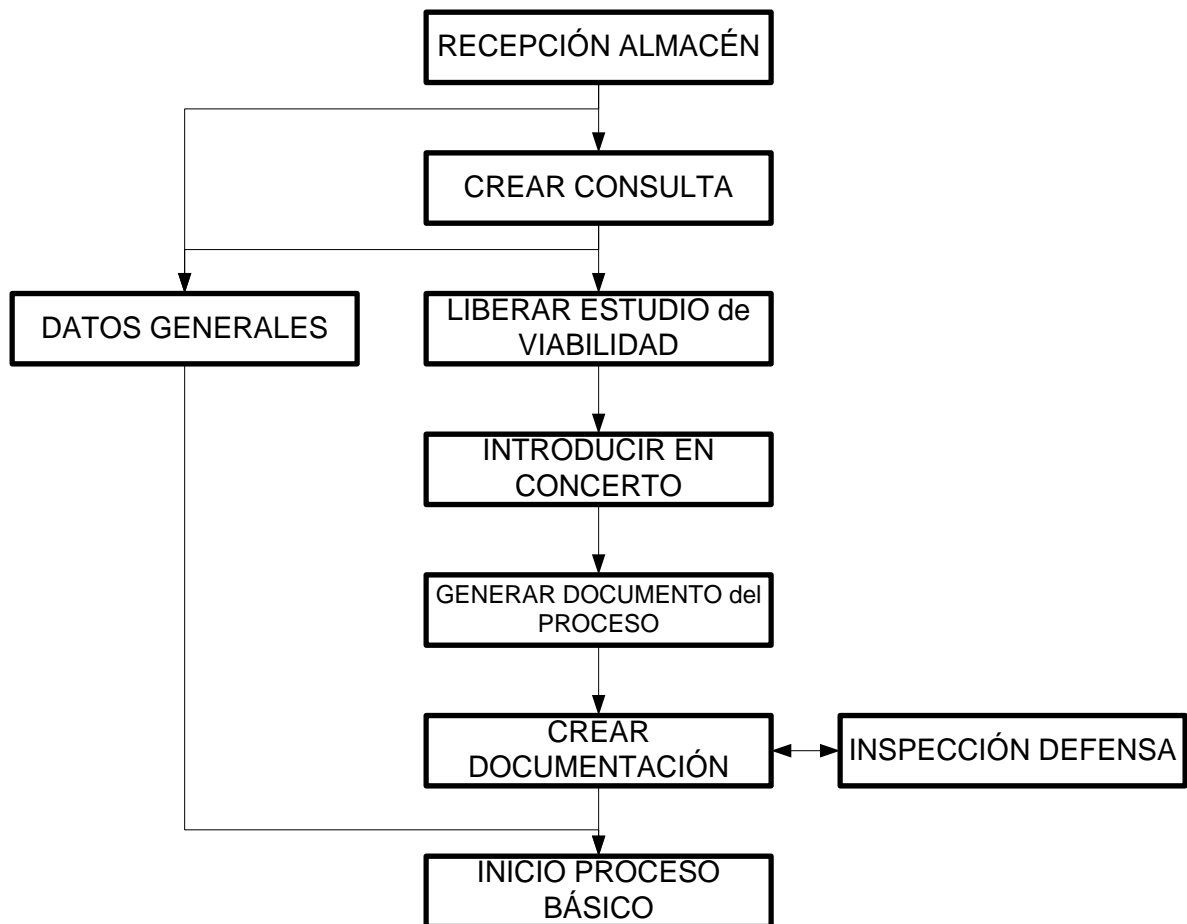


Primero el motor es recepcionado en **Almacén** junto con el contenedor, se hace necesario cumplimentar el motor con un albarán, especificaciones de procedencia, información del cliente y el Log-Book, conteniendo éste último toda la información del motor –tipo de intervención, la vida límite de las piezas, la garantía, etc.- Tras su recepción, se generan otra serie de documentos necesarios para los procedimientos siguientes, que serán el Documento de Identificación del Motor (DIM) y el Documento de Identificación del Envase (referente al contenedor) (DIE). Todos estos datos son incorporados a la red interna como Datos Generales (cada motor tiene sus propios datos generales asociados). Dicha generación queda representada en la *Ilustración 3.2*.



*Ilustración 3.2 Datos generales*

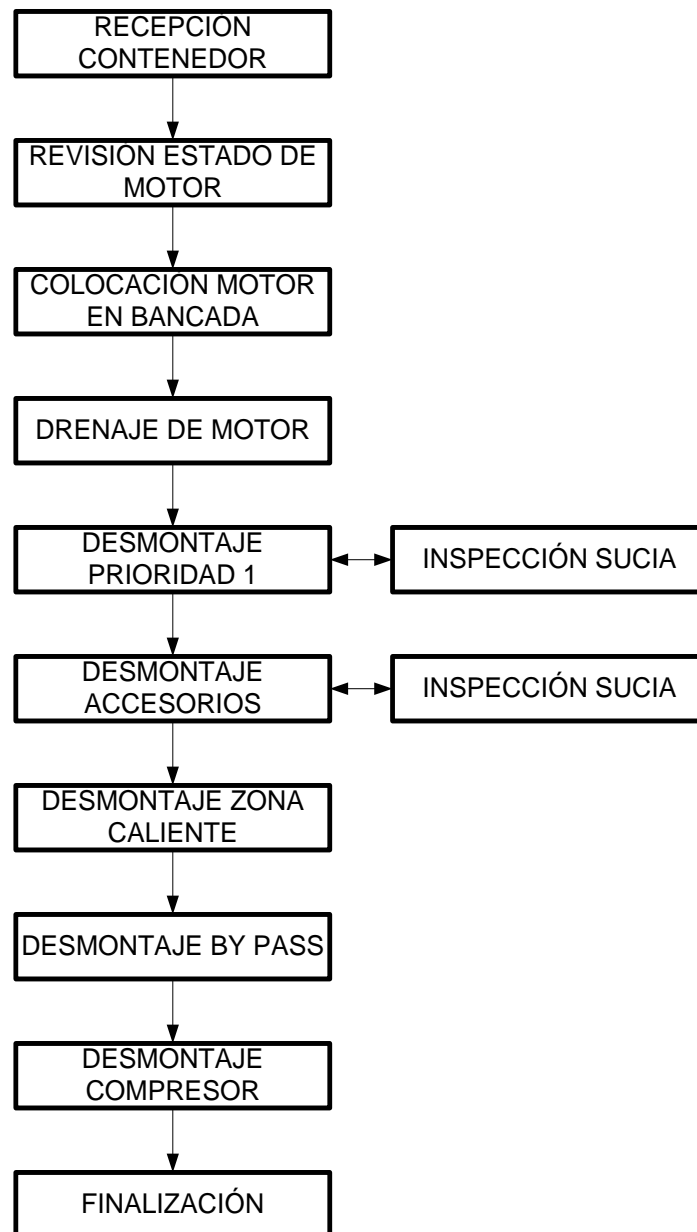
A continuación, y por petición explícita del cliente, es posible realizar una **Prueba previa** al motor, para detectar posibles fallos o poder hacer una comparativa entre el antes y el después de su paso por la empresa; si no existe dicha petición se pasa automáticamente a la fase denominada **Crear consulta**. En esta etapa se analiza la rentabilidad del motor, generando el Estudio de Viabilidad. A continuación, se traslada al departamento de **Ingeniería**, donde gracias a toda la información recogida anteriormente se crea el Documento del Proceso, el cual expone las operaciones que se deben realizar a dicho motor, es decir la orden de trabajo de ingeniería. Este último documento es imprescindible y contiene la información general del motor, boletines y descripción de tareas, asignación de Task List, rutas de accesorios, situación de la documentación inicial y final necesaria y la certificación (conjunto de directivas de aeronavegabilidad o normativa en función de los espacios aéreos que el avión vaya a sobrevolar).



*Ilustración 3.3 Process map recepción del motor*

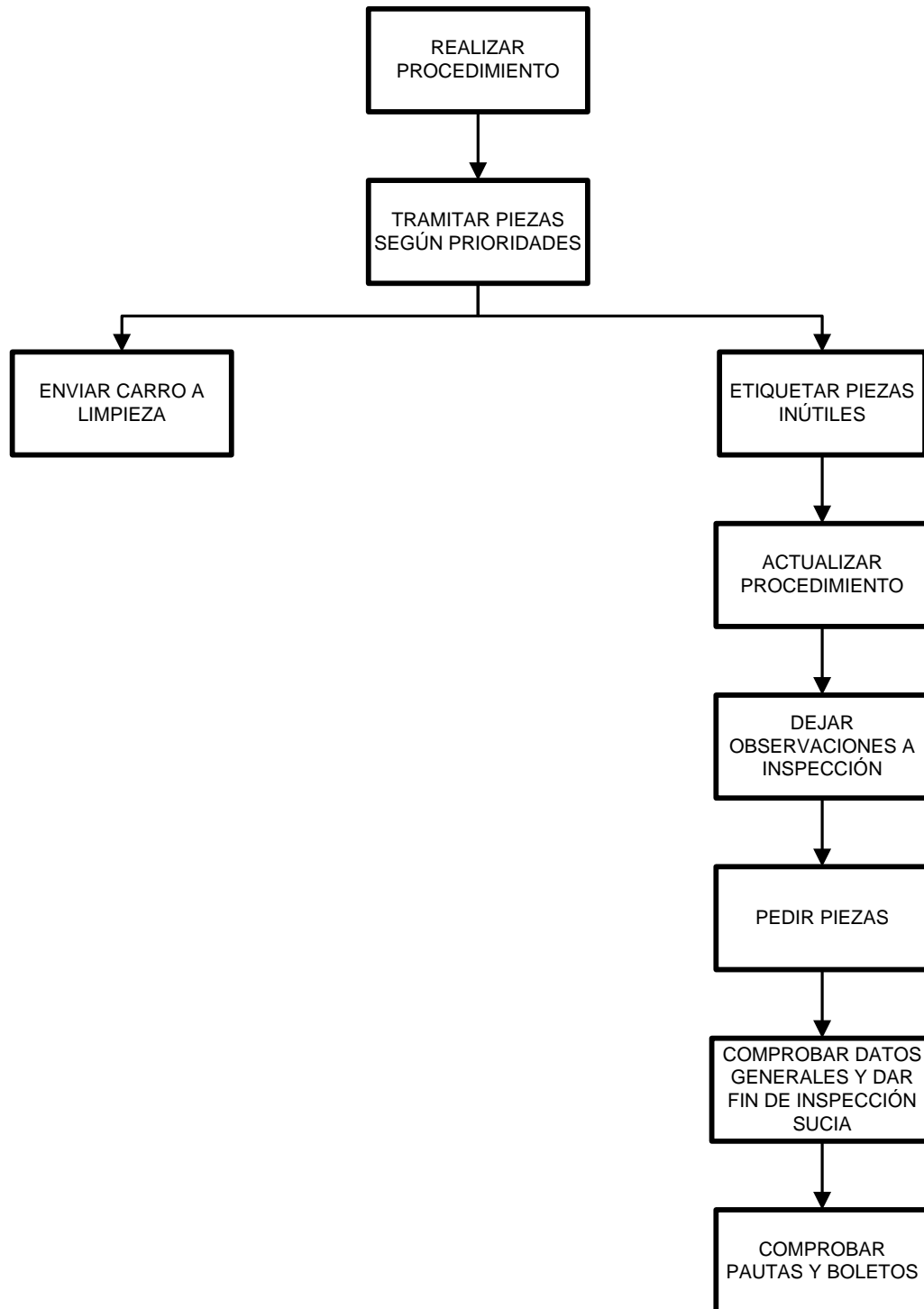
Todos los pasos anteriores pertenecen al proceso denominado **Lanzamiento de motor**, que se puede resumir como la recepción de éste y su complementación con la documentación adecuada para asegurar la eficiencia de los procesos siguientes. Desde aquí el motor pasa al taller, donde se comienza el proceso básico.

Una vez el motor ya está en el taller comienza el **Desmontaje**. Esta fase se divide en las siguientes subfases: recepción del contenedor, revisión del estado del motor, colocación del motor en la bancada correspondiente, drenaje de motor y desmontaje. Esta última subfase consta a su vez de varias etapas: primero el de prioridad 1 y accesorios, a continuación el de la zona caliente (turbina), después el de by pass (zona del motor por la que entra el aire) y finalmente el compresor. Esto se muestra en *Ilustración 3.4*.



*Ilustración 3.4 Process map desmontaje*

Las piezas desmontadas de prioridad 1 y los accesorios son trasladados a la **Inspección sucia**, donde se examinan con detenimiento por si deben ser reparadas o sustituidas por otras en buen estado. Así, al principio del proceso se determinarán y establecerán las piezas que requerirán más tiempo en ser limpiadas o reparadas y con ello disminuir el lead time del proceso completo.



*Ilustración 3.5 Process map inspección sucia*

Los accesorios, una vez inspeccionados, se envían al departamento de **Accesorios**, donde los operarios los tratarán independientemente del resto del motor. Aquí, se desmontan, se limpian, se prueban, se montan y se envían a completación, para unirse con el resto de piezas del motor ya listas antes de ser montadas de nuevo.

Por otra parte, la turbina se envía a **Conjuntos Rotatorios**, donde se desmonta completamente. Esta sección es necesaria esta sección debido a que requiere una calibración y unas pesadas específicas, que no son necesarias en el resto del motor.

Todas las piezas del motor, excepto los accesorios, se trasladan a **Limpieza**. Aquí, según la Task List y el manual, las piezas se clasifican según se limpien inicialmente en cubas o manualmente. Las que se limpian manualmente se dividen a su vez en piezas montadas y con pintura y piezas sueltas sin pintura; una vez realizada la clasificación se limpian según el proceso indicado, que puede ser mediante chorreado (con petróleo o agua y jabón), con perla de vidrio, cáscara de nuez... Las piezas que se limpian inicialmente en cubas se vuelven a clasificar según el Proceso de Limpieza Automático (PLA). Todas las piezas del mismo PLA se introducen en la misma jaula iniciándose un proceso automático de limpieza que consiste en sumergir dicha jaula por las diferentes cubas especificadas en el PLA. El proceso desarrollado en limpieza se verá y explicará más detenidamente en el siguiente apartado.

Cuando las piezas salen de las cubas o cuando se terminan de procesos mediante otra técnica es necesario repasarlas manualmente. Al finalizar este proceso las piezas se van depositando en carros para que salga de esta sección todo el motor conjunto, aunque separado según los procesos siguientes, que puede ser: ensayos no destructivos o la máquina tridimensional, las cuales se verán a continuación.

A la **máquina Tridimensional** se envían las piezas de elevadas precisiones, debido a que es necesario comprobar sus dimensiones y cuyas tolerancias son muy pequeñas. Esta máquina es muy sensible a la temperatura y requiere que ésta sea constante, por lo que está aislada del resto de máquinas isotérmicamente. En la *Ilustración 3.6* se muestra esta máquina:



*Ilustración 3.6. Máquina Tridimensional*

La sección de **Ensayos No Destructivos**, denominado **END**, consta de varios procesos de ensayo sobre las piezas, que son: partículas magnéticas, Rayos-X, líquidos penetrantes, corrientes inducidas y ultrasonidos. La línea de esta sección se muestra en la *Ilustración 3.7*.



*Ilustración 3.7. Línea de END*

Se recopilan las piezas de las dos secciones anteriores, para que el motor vaya completo y se trasladan a **Inspección**, o también llamada Inspección Limpia. Aquí se revisa que todas las piezas estén en buen estado y cumplan las normativas y los estándares de calidad, por lo que es un proceso muy exhaustivo. Si alguna pieza no cumple todas las características se evalúa para llevarla a Reparaciones o al Almacén. El proceso que se lleva a cabo aquí se puede observar en la *Ilustración 3.8*.

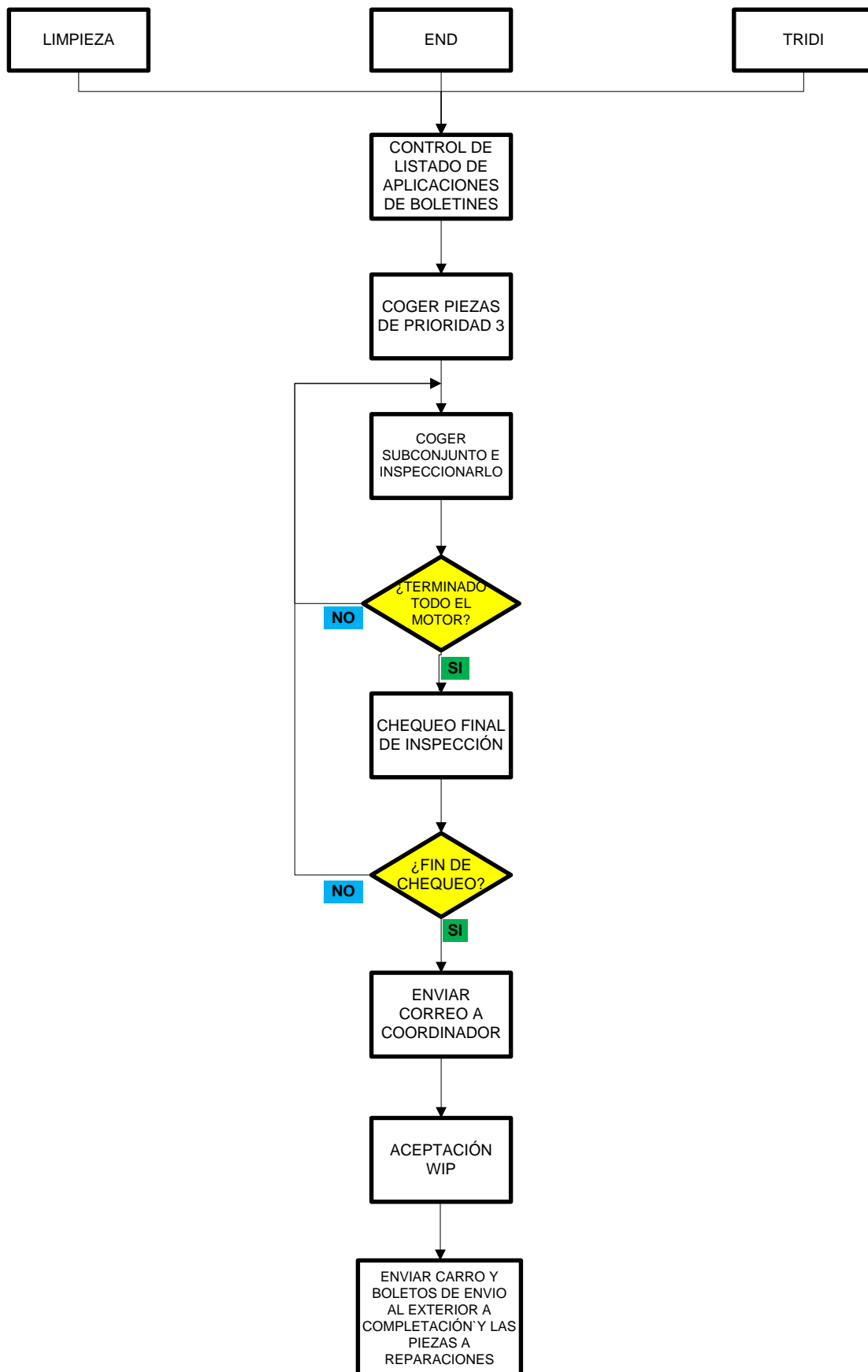


Ilustración 3.8 Process map inspección limpia



Las que son enviadas al **Almacén** son las inutilizables y, por tanto, deben ser remplazadas. Las piezas nuevas también deben ser inspeccionadas antes de pasar a la siguiente etapa. Las piezas que se exportan a **Reparaciones** son las que se pueden reutilizar pero no están en perfecto estado. Aquí hay fresadoras, tornos y rectificadoras, pero si alguna pieza necesitase algún tratamiento, el cual no sea posible realizarlo en esta sección de la planta, se enviaría a otra empresa subcontratada para ser reparada, lo que se denominaría Reparaciones Externas. Las piezas que se reparan, ya sea internamente o por subcontratas, pasan a **Verificación**, donde deben comprobar que ya son aptas y cumplen todos los requisitos para integrarlas en el motor.

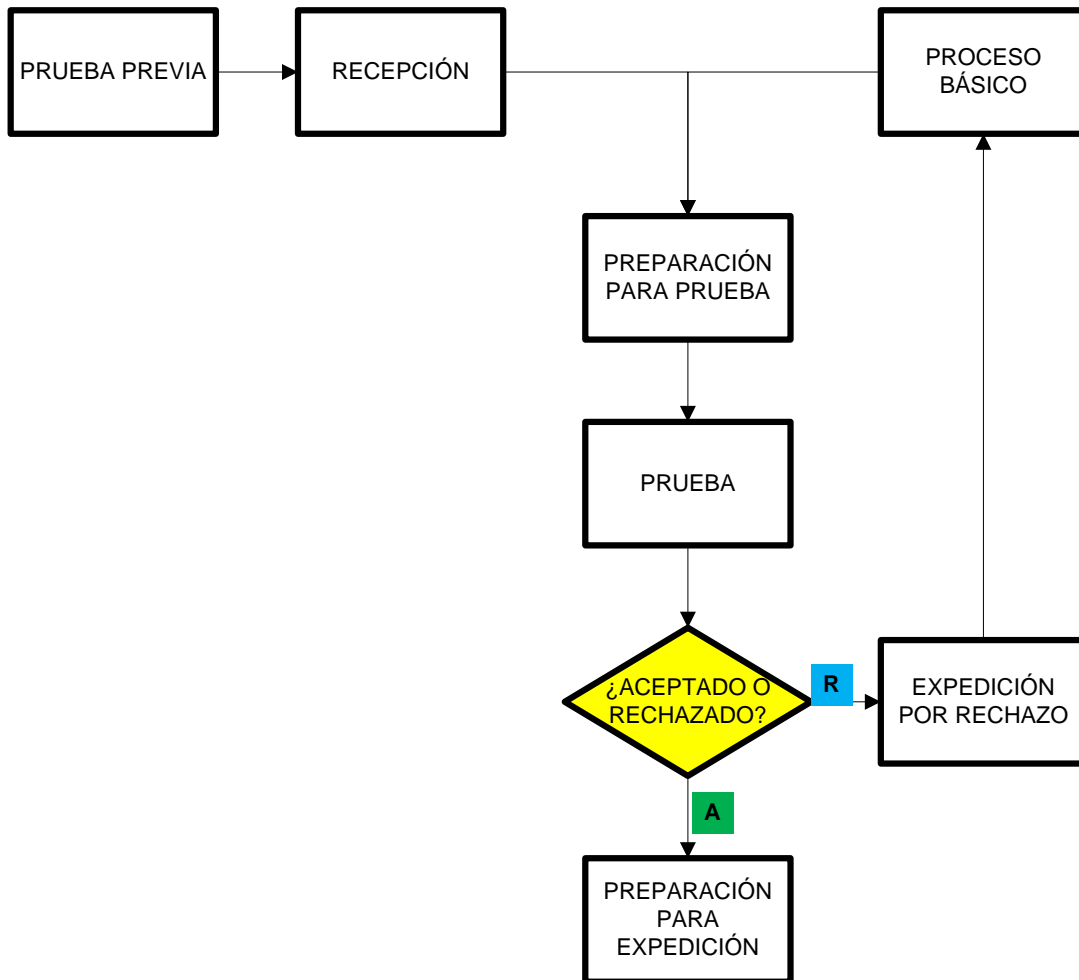
Con las piezas ya limpias, inspeccionadas y, las que fuesen necesarias, reparadas y verificadas, se envían todos los carros y piezas a **Completación**, donde se encargan de agrupar todas ellas y para que todas las piezas del motor vayan juntas. De esta forma se aseguran de que no falte ninguna para no parar la productividad y no romper la linealidad del proceso.

A continuación, todas las piezas se envían a **Montaje**, donde se monta el motor empleando las indicaciones del manual, la Task-List y el Documento del Proceso. Por lo general la zona de desmontaje y de montaje es la misma, siendo los operarios también los mismos.

Una vez montado el motor sólo quedan dos etapas para finalizar todo el proceso que conlleva su mantenimiento. El mismo es trasladado al **Banco de pruebas**, donde es sometido a diversas pruebas para asegurarse de su correcto funcionamiento y de no presentar fallos. Así, ITP es capaz de ofrecer apoyo a las pruebas de investigación, desarrollo, validación y a las campañas de certificación de los clientes. Si el motor supera satisfactoriamente todas las pruebas se documenta y se le devuelve al cliente, con toda la información y la garantía que supone este servicio. En cambio, si se descubriera alguna irregularidad en él, volvería de nuevo al taller donde se iniciaría una investigación de la causa del fallo, dando previamente un parte de rechazo (creado por **Ingeniería**). En ese momento y según el tipo y la importancia del error que hubiese se evalúa si hay que repararlo directamente (por ejemplo, no contiene suficiente aceite o no da la potencia requerida) o habría que desmontarlo y volver a montarlo, pasando a continuación otra vez al banco de Pruebas. La planta de Ajalvir de ITP cuenta con las siguientes celdas de ensayo:

- ❖ Celda Nº 1: Es la celda dedicada a motores turborreactores con una capacidad de hasta 100 KN de empuje, como son los motores Atar, TFE731, CF700 y EJ200 entre otros.

- ❖ Celda N° 2: Es una celda de ensayo para motores en fase de desarrollo, con una capacidad de hasta 120 KN de empuje, como son los motores EJ200, Atar Plus y la prueba de la tobera vectorial. Esta celda dispone de frenos hidráulicos.
- ❖ Celda N° 3: dedicada para motores turboejes y turbohélices con frenos hidráulicos, posee una capacidad de carga de hasta 5000 cv entre los cuales se encuentran los motores TPE331, PT6 y PW100.
- ❖ Celda N° 4: empleada para el ensayo de motores turboejes y turbohélices, con capacidad de hasta 5000 cv de potencia y que dispone de frenos hidráulicos para motores como TPE331 y CT7, entre otros.
- ❖ Celda N° 5: diseñada para la prueba de motores en desarrollo como motores de turboejes, turbohélices y turbinas industriales con una capacidad de hasta 20.000 cv de potencia máxima y frenos hidráulicos. Los motores que entran en esta celda son, entre otros, A601, A501K y TF50.
- ❖ Celda N° 6: dedicada a ensayos y tiene las mismas características que la celda N° 5, aunque se va a modificar para ampliar su capacidad, pues la que se tiene ahora no es suficiente para los motores más potentes que pueden venir en un futuro próximo.



*Ilustración 3.9 Process map banco de pruebas*

Al finalizar todo el proceso de intervención al motor el **Servicio al Cliente** se pone en contacto con éste para informarle de que se ha concluido el trabajo para su devolución. Este departamento está en continuo contacto con el cliente, y si hay algún imprevisto o algún detalle no contemplado en el contrato o en las operaciones especificadas por el cliente, se le hacen saber para que sea conocedor de todo y el decisor.

Este proceso se realiza en la nave Dragón de la planta de Ajalvir, la cual se muestra en la *Ilustración 3.10*, excluyendo la nave de banco de pruebas:



*Ilustración 3.10. Planta Mantenimiento en Ajalvir de ITP. [21]*

### 3.3. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

A partir del objetivo del proyecto: reducir el lead time de la sección de limpieza un 15% respecto del actual, se debe plantear qué y cómo se quiere conseguir dicho objetivo.

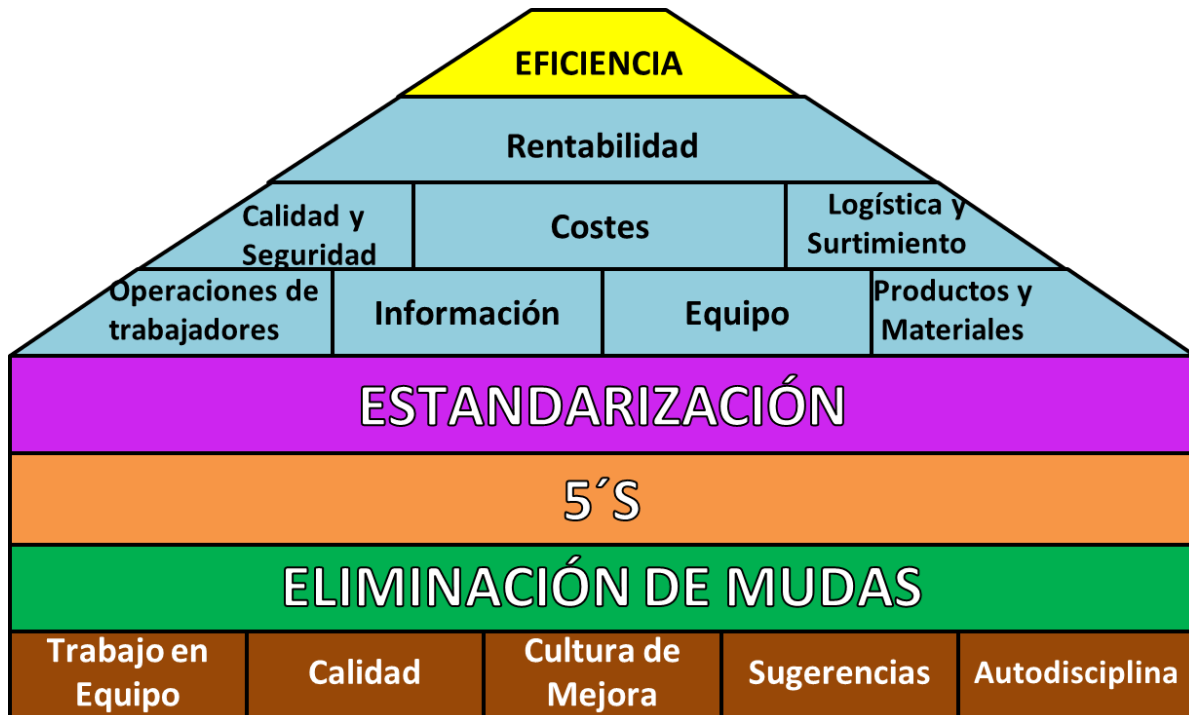
Para ello, es necesario partir de varias ideas: trabajar en equipo, mantener la calidad, establecer una cultura de mejora, participar en las sugerencias y colaborar con la autodisciplina. Dichas ideas se convierten en los cinco pilares de nuestro proyecto.

La siguiente fase debe ser la identificación y la eliminación de mudas. Éstas pueden ser: sobreproducción, tiempos de espera, proceso, retrabajo, transporte, inventario, materiales y herramientas. A continuación, se aplica la disciplina, es decir, los trabajadores deben darse cuenta de que la disciplina es un cambio en la cultura y no una imposición o norma. Esta base es equiparable con las 5S.

Una vez conseguidos los objetivos anteriores se debe realizar el proceso de estandarización. Así, se unificarán procedimientos, criterios, información y se dispondrá de ayudas visuales. Gracias a la estandarización se consigue reducir los errores, las mudas y la variabilidad.

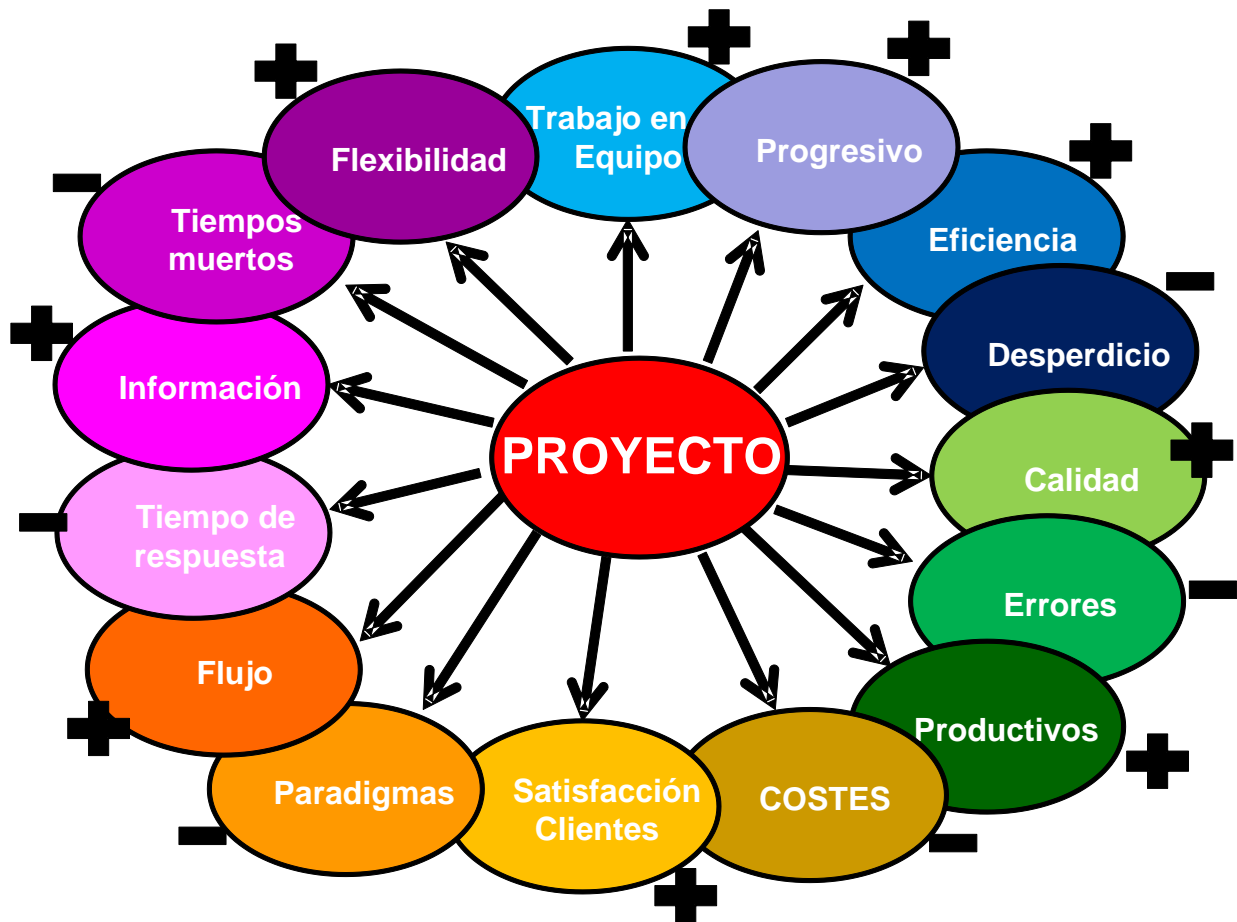
Los resultados que se esperan obtener a partir de este planteamiento son: que todo el personal trabaje igual (de la misma forma), que se disponga de la misma información, que se tenga la misma base, que se trabaje en equipo y con calidad, que se optimice la logística, que se consiga ser competitivos en costes y, por supuesto, que se consiga una buena rentabilidad y eficiencia.

Todo este planteamiento se muestra en la *Ilustración 3.11*:



*Ilustración 3.11 Planteamiento del proyecto*

Por tanto, las conclusiones que se deberían obtener tras este planteamiento se pueden clasificar en dos grupos: lo que debe reducirse y lo que debe aumentarse. Deben reducirse los desperdicios, los errores, los paradigmas, el tiempo de respuesta, los tiempos muertos y por supuesto los costes. Por el contrario, deben aumentarse y/o incentivarse el trabajo en equipo, la eficiencia, el cambio progresivo, la calidad, la productividad, satisfacción del cliente, el flujo, la flexibilidad y el flujo de información. Estas conclusiones se muestran de forma visual en la *Ilustración 3.12*:



*Ilustración 3.12 Conclusiones del planteamiento del proyecto*

#### **4. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA EN LA SECCIÓN DE LIMPIEZA**

La función de la sección de limpieza es eliminar, en la medida de lo posible, los residuos depositados sobre las piezas o subconjuntos durante el tiempo en que el motor está en servicio. Los depósitos más habituales se componen de óxidos térmicos y restos carbonosos procedentes de la combustión, y sistema que a las temperaturas de trabajo polimerizan y quedan fuertemente adheridos a la superficie de las piezas.

Las limpiezas básicas constan normalmente de un desengrase, también denominado limpieza previa o desengrase, y un tratamiento alcalino para eliminación de óxidos y carbonilla. Para la limpieza de óxidos térmicos es necesario re-oxidar en medio alcalino y conjugar en varias fases tratamiento ácido y/o alcalino hasta conseguir dejar la superficie de la pieza completamente limpia. En la línea de limpieza también se dispone de un proceso de eliminación de pinturas y siliconas.

Al departamento de limpieza las piezas pueden llegar de dos formas, en carros (todas las piezas del motor llegan juntas) o individuales, en palets.

Dado que este departamento es el cuello de botella en momentos de elevada productividad, se acumulan muchos carros y palets a la entrada de esta sección, por lo que es imprescindible saber que piezas o carros se deben seleccionar primero, cuales son urgentes, cuales se van a coger durante el día y durante la semana y cuantos van a llegar nuevos. El procedimiento de limpieza es muy similar si se trata de motor completo o piezas sueltas, por lo que nos centraremos en que viene un motor completo, pues es un poco más complejo y en el que nos hemos centrado para mejorar esta sección.

El motor desmontado espera en la zona de entrada de material de limpieza a ser recogido para entrar en la sección y proceder con él. Una vez se da orden de que puede ser recogido, y en limpieza hay recursos para recepcionarlo, se comienza con él desde el área de entrada.

Una vez en limpieza los trabajadores observan la task list y el manual para saber qué operación u operaciones es necesario realizar a cada pieza del motor. Las diferentes operaciones que se pueden realizar son:



- PLA: denominado así por las iniciales de Proceso de Limpieza Automático. Es un proceso de limpieza en cubas, basado en la sucesiva introducción de las piezas en diferentes ácidos y bases para su limpieza (eliminar óxido, impurezas, pintura...). Esta operación será explicada más detenidamente en los párrafos sucesivos.
- Perla de vidrio: método consistente en eliminar metalizados o repasar la pieza. La microperla de vidrio utilizada es de 55 – 105  $\mu\text{m}$  y de 105 - 210  $\mu\text{m}$ , según el acabado necesario en la pieza.
- Cáscara de nuez: repasar la pieza, con un calibre de 0.4 – 1 mm.
- Alúmina: eliminar metalizados



*Ilustración 4.1. Máquina de alúmina*

- Cabinas de petroleado: en ellas se tratan las piezas que se pueden oxidar con agua o piezas montadas, contiene hidrocarburo PD-680, cepillado manual y secado.



*Ilustración 4.2. Cabina de petroleado*

- Cabinas de limpieza manual: empleadas para el tratamiento de las piezas que se pueden oxidar con agua, piezas montadas o piezas demasiado grandes. Esta cabina dispone de agua a presión, detergentes, cepillado manual y secado. La cabina grande es de unas dimensiones útiles máximas de 2,95 x 3,15 x 2,55 m y dispone de un polipasto para la sujeción de piezas pesadas.



*Ilustración 4.3. Cabina de lavado manual*

- Cabina de flushing: permite introducir a presión regulable hidrocarburo PD-680 para el arrastre de partículas en piezas con zonas de difícil acceso.





*Ilustración 4.4. Cabina de Flushing*

- Shot peening: también conocido como proceso de perdigoneado por bola de acero. Otorga mayor resistencia a fatiga y previene el fenómeno de agrietamiento. Este proceso se explicará más adelante en este mismo capítulo.



*Ilustración 4.5. Máquina de shot peening*

- Repaso manual: este proceso se realiza siempre, para todas las piezas, pues es necesario cerciorarse de que la pieza salga en buen estado, sin óxido, etc.

De todos estos procesos el menos agresivo es el petroleado que se puede lograr en una cabina de petroleado o mediante un PLA, y los más agresivos son la alúmina y otro PLA.

Se dispone de una línea de limpieza automática formada por 22 cubas (capacidad 5.000 – 7.000 dm<sup>3</sup>) con unas dimensiones útiles máximas de 1,80 x 1,80 x 2,20 m que ocupan una extensión en la planta de 30 x 7 m<sup>2</sup>. Esta línea es capaz de procesar automáticamente 7 procesos de forma simultánea controlados mediante un PLC que gestiona los carros inteligentemente, lo que permite mayor productividad y sobre todo mejoras sustanciales en lo referente a salud laboral y respeto al medio ambiente. Se han desarrollado 21 procesos de limpieza automática (PLA) para dar respuesta a los requisitos de los diferentes programas de mantenimiento según el motor y el fabricante.





*Ilustración 4.6. Línea automática de limpieza*

En cuanto a la tornillería, al tratarse de piezas muy pequeñas y numerosas, se trata de forma un poco diferente, dependiendo del criterio del operario. Unos lo petrolean y luego se repasan las piezas de forma manual con sumo cuidado para evitar la pérdida de alguna de ellas; otros lo desengrasan con el PLA menos agresivo, lo petrolean en la cabina y lo repasan manualmente.

El proceso de shot peening es un procedimiento que, mediante conformado en frío, consigue inducir en las superficies tratadas esfuerzos de compresión utilizando el efecto producido por un chorro de pequeñas bolas metálicas lanzadas sobre la superficie de la pieza en cuestión, a elevada velocidad y bajo condiciones controladas. Aunque el proceso de perdigoneado limpia la superficie tratada no es sino un efecto secundario. El objetivo básico es aumentar la resistencia a la fatiga y/o prevenir el fenómeno de agrietamiento por acción combinada de esfuerzos y corrosión. La mayoría de las fisuras debidas a la fatiga y a la tenso-corrosión se originan en la superficie de las piezas, para resolver este problema la mejor solución es transformar los esfuerzos residuales de tracción superficiales en esfuerzos de compresión, mediante la aplicación controlada de perdigoneado. Este supone un impactado uniforme en la superficie metálica, con pequeñas bolas de acero, que induce esfuerzos de compresión hasta la profundidad requerida. La capa resultante, con una profundidad de varias décimas de mm., contiene esfuerzos de compresión inducidos, así las grietas debidas a los esfuerzos de tracción ahora no se producirán incluso en ambiente corrosivo.

El máximo esfuerzo residual compresivo que puede ser producido en una capa superficial mediante perdigoneado, y que efectivamente retarda el fenómeno de agrietamiento bajo tensión y corrosión, es igual a la mitad del límite elástico del metal. Para obtener un grado particularmente alto de compresión, que no necesita llegar a tener una gran profundidad, se requieren partículas pequeñas, impulsadas a una alta velocidad y un gasto relativamente bajo. Para conseguir una compresión más profunda, se requiere el uso de unas partículas mayores y una presión de aire menor, es decir, menor velocidad.

El shot peening también se utiliza para preparar la superficie de las piezas previo cromado o niquelado. Literalmente el proceso de perdigoneado no es un proceso de limpieza, pero se considera uno de ellos por varios motivos, entre los cuales destacan los siguientes: los operarios que realizan esta operación son los de la sección de limpieza, requiere de conocimientos de química y al tratarse de un proceso en condiciones controladas el ambiente más propicio es esta sección.



*Ilustración 4.7. Máquina de shot peening*

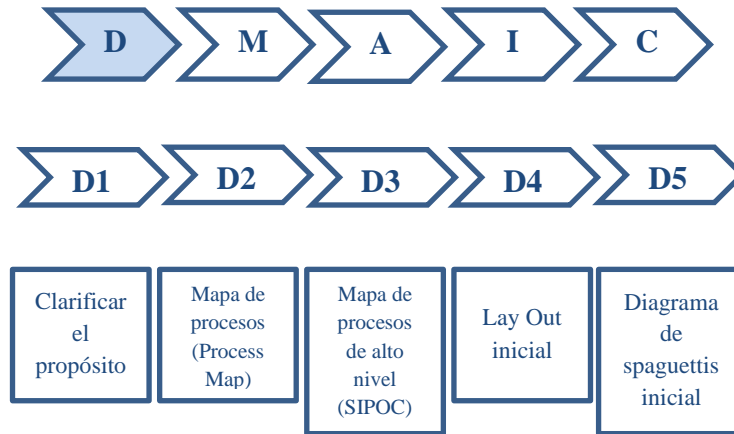
El proceso de limpieza para un motor que viene en carro se puede observar en el process map de la sección, *Ilustración 5.2*. Si la pieza no viniese en carro sino en palet o de forma urgente (en mano) el proceso empezaría un paso más adelante, en clasificación de la pieza.

Tras observar todo el procedimiento pasaremos a medir los procesos a los que se somete el motor, analizaremos los resultados y haremos una serie de propuestas para la mejora en esta sección. A continuación se controlará el mantenimiento de estas acciones, obteniéndose la información necesaria para el feed back y repetir todo el proceso si fuese necesario.



## 5. DMAIC EN LIMPIEZA

### 5.1. DEFINICIÓN



*Ilustración 5.1 Definición del DMAIC de la sección de limpieza*

#### 5.1.1 Clarificar el propósito

Clarificar el propósito comienza por la descripción del problema - mencionado en el apartado 3.3- y así determinar los objetivos para nuestro proceso –descritos en el apartado 1.1-. En nuestro caso necesitamos reducir el lead time un 10%, para conseguir este objetivo será necesario reducir tanto los desplazamientos como las esperas y mejorar la transparencia de la información y la trazabilidad de las piezas.

#### 5.1.2 Mapa de procesos

El process map de la sección nos da la información de todos los pasos que se requieren para realizar el trabajo correctamente y nos permite analizar cada tarea con detenimiento para poder mejorar en cada una de ellas. El mapa de procesos de limpieza se refleja en la *Ilustración 5.2*, la cual se muestra a continuación:

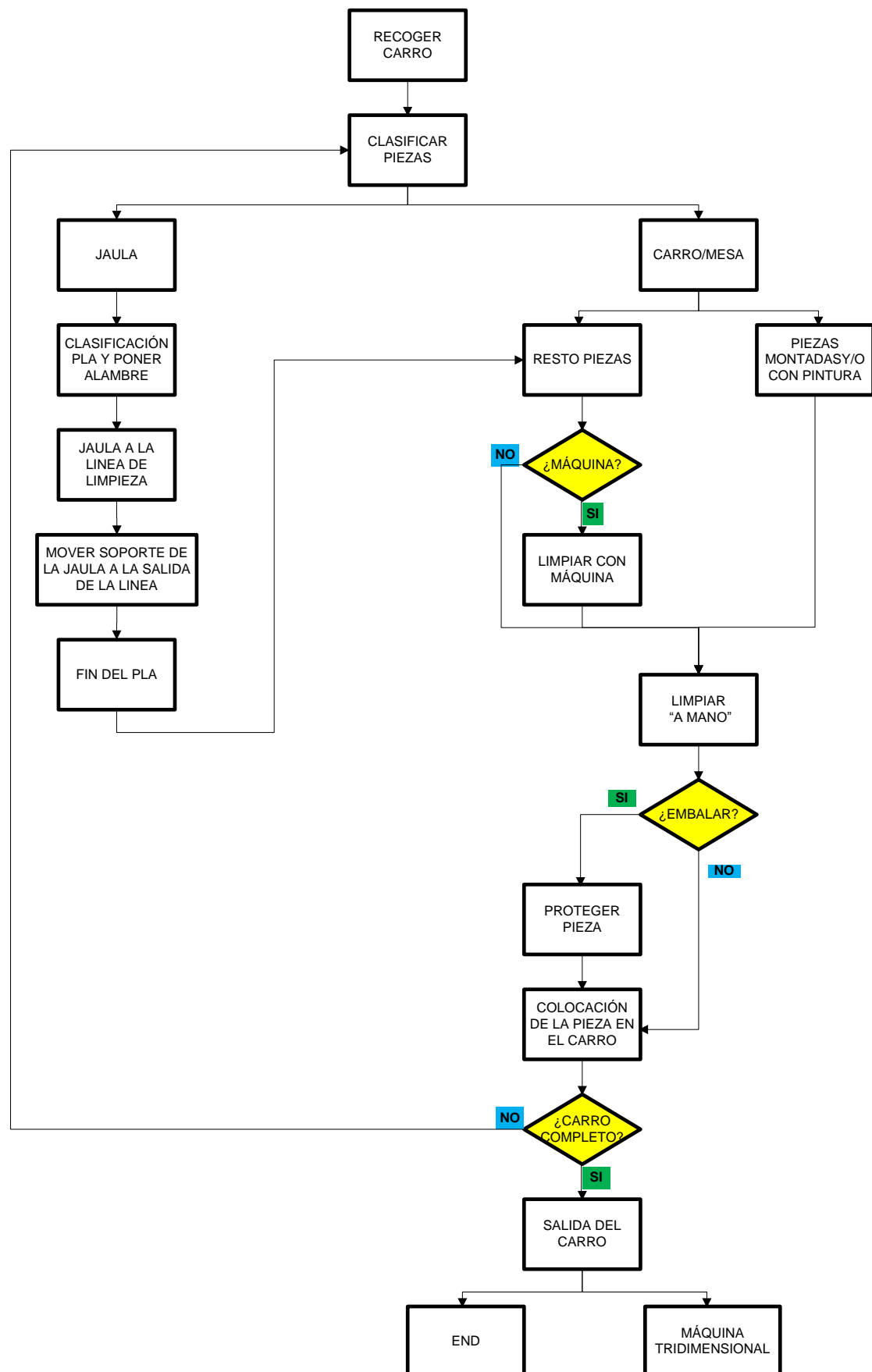


Ilustración 5.2 Process map limpieza

### **5.1.3 Mapa de procesos de alto nivel (SIPOC)**

El mapa de procesos de alto nivel conocido como SIPOC, debido a las iniciales de: Supplier (proveedor), Input (entrada), Process (proceso), Output (salida) y Customer (cliente). Gracias a esta herramienta conoceremos qué es necesario para ejecutar el proceso y quién los proporciona, quién es el cliente y lo que realmente requiere, cuál es el objetivo y el alcance del proceso y qué actividades de todo el proceso son las que aportan valor al cliente y cómo, para mantenerlas, y cuáles son innecesarios y/o inútiles, para eliminarlas o reducirlas lo máximo posible. Éste se representa en la Tabla 1, que se muestra a continuación.

Tabla 1. SIPOC de la sección de limpieza

<b>SUPPLIER</b>	<b>INPUT</b>	<b>PROCESS</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>CUSTOMER</b>
* Desmontaje * Inspección sucia	* Carro * Piezas	Recoger carro	* Carro * Piezas	* Limpieza
	* Carro * Piezas * Manual * Jaula * Alambre * EPIS	Clasificación y colocación de piezas	* Piezas clasificadas por métodos de limpieza y PLAS	
	* Piezas clasificadas por métodos de limpieza y PLAS * Línea limpieza automática * EPIS	Introducción de piezas en PLA	* Piezas limpias o casi limpias	
	* Piezas limpias o casi limpias * Manual * Lupa * EPIS	Evaluación limpieza pieza	* Piezas limpias * Piezas que requieren ser repasadas manualmente	

SUPPLIER	INPUT	PROCESS	OUTPUT	CUSTOMER
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Toallitas</li> <li>* Cepillos de acero</li> <li>* Cepillos de cobre</li> <li>* Varillas de acero</li> <li>* Varillas de cobre</li> <li>* Estropajo</li> <li>* Rotalín</li> <li>* EPIS</li> </ul>	Limpieza manual	* Piezas limpias	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Piezas limpias</li> <li>* Polietileno</li> <li>* Papel crepado</li> <li>* Cajas de cartón</li> <li>* Cajas de plástico</li> <li>* Separadores</li> <li>* EPIS</li> </ul>	Protección de piezas	* Piezas protegidas	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Piezas</li> <li>* Piezas protegidas</li> <li>* Carro</li> <li>* EPIS</li> </ul>	Colocación de piezas en el carro	* Piezas colocadas en el carro	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Carro</li> <li>* Piezas colocadas en el carro</li> </ul>	Expedición carro	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Carro</li> <li>* Piezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ensayos No Destructivos</li> <li>* Máquina Tridimensional</li> <li>* Inspección</li> <li>* Completación</li> </ul>

#### **5.1.4 Lay Out inicial**

El lay out de la sección de limpieza se representa en la *Ilustración 5.3*, dicha imagen está realizada con el programa visio, para mantener las proporcionalidades y así representar lo más objetivamente posible la distribución de la sección.

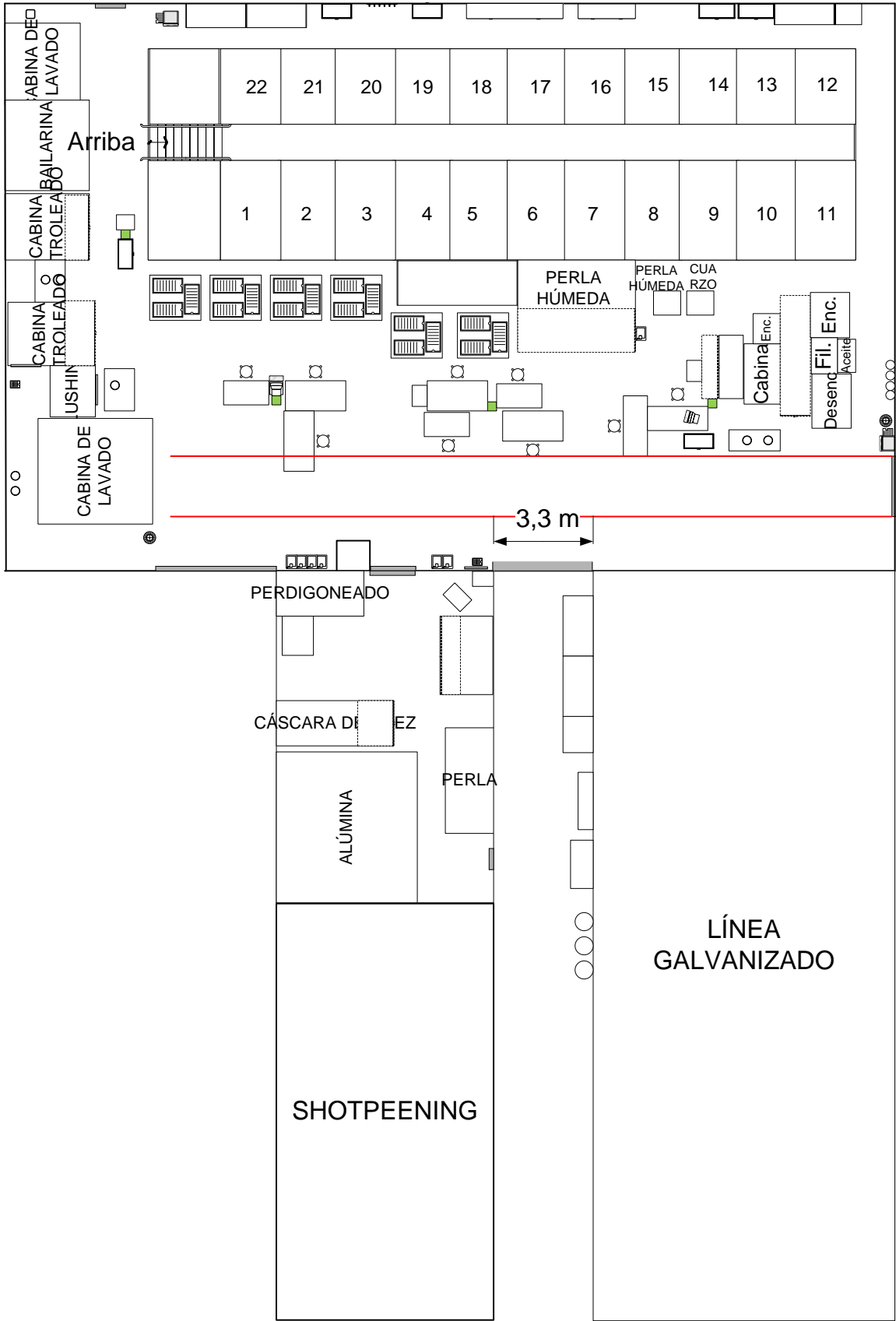
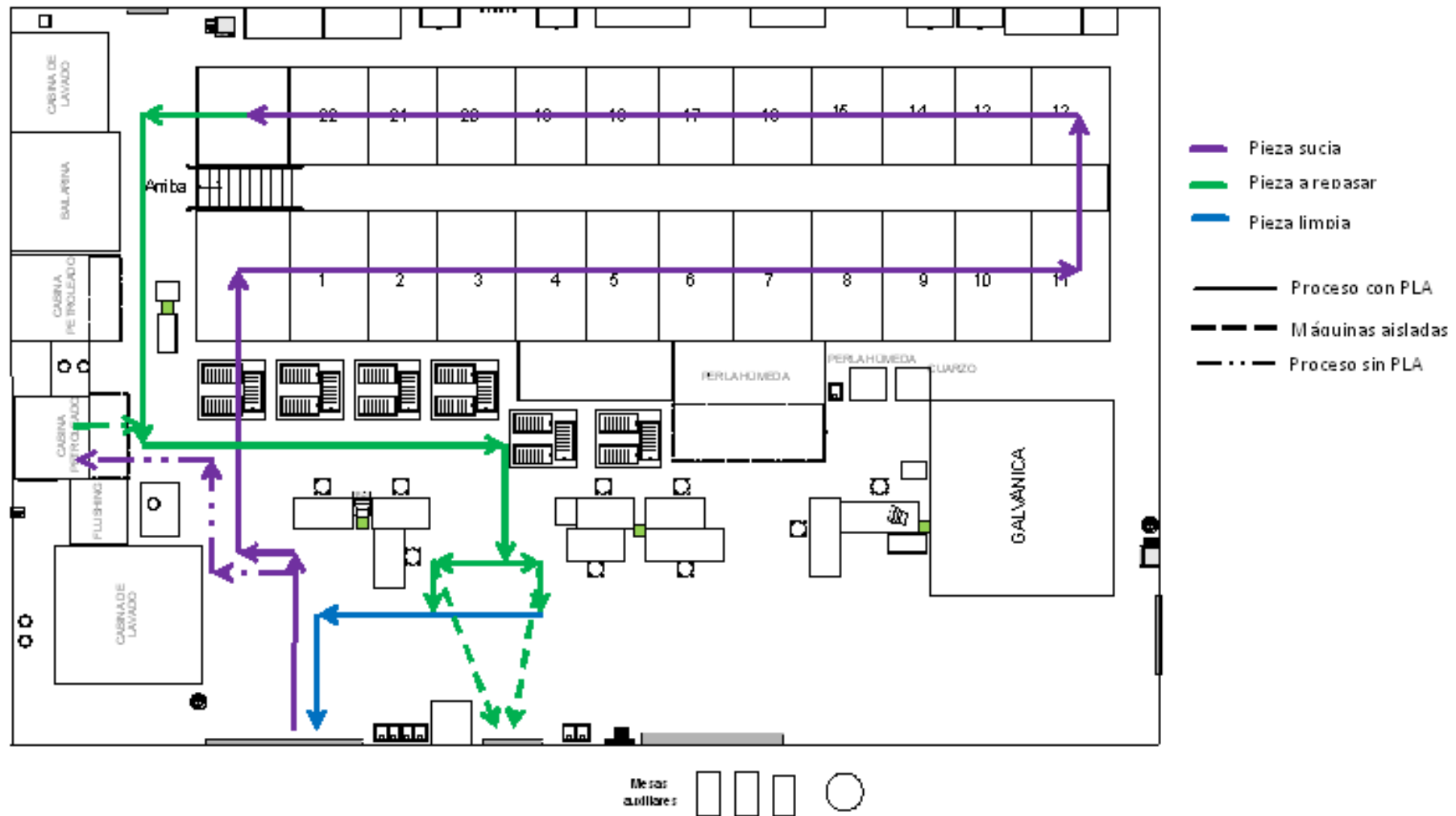


Ilustración 5.3 Lay out inicial de la sección de limpieza.

### **5.1.5 Diagrama de spaguettis inicial**

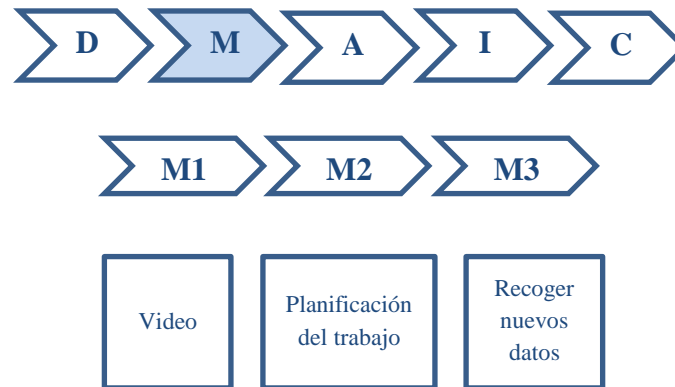
A continuación se realiza el diagrama de flechas, denominado también diagrama de spaguettis; gracias a él sabemos los flujos de materiales de las piezas que entran en la sección del estudio. Dicho diagrama se observa en la *Ilustración 5.4*, la cual se muestra a continuación:





*Ilustración 5.4. Diagrama de flechas de la sección de limpieza*

## 5.2. MEDIDA



*Ilustración 5.5 Medida del DMAIC de la sección de limpieza*

### 5.2.1 Video

Para conocer el estado inicial de la sección se realizan unas grabaciones de vídeo durante una semana. Antes de iniciar las grabaciones se convoca una reunión con todos los trabajadores de la sección para informarles sobre el procedimiento que seguiría el proyecto, para qué servirán las grabaciones y que se hará con ellas.

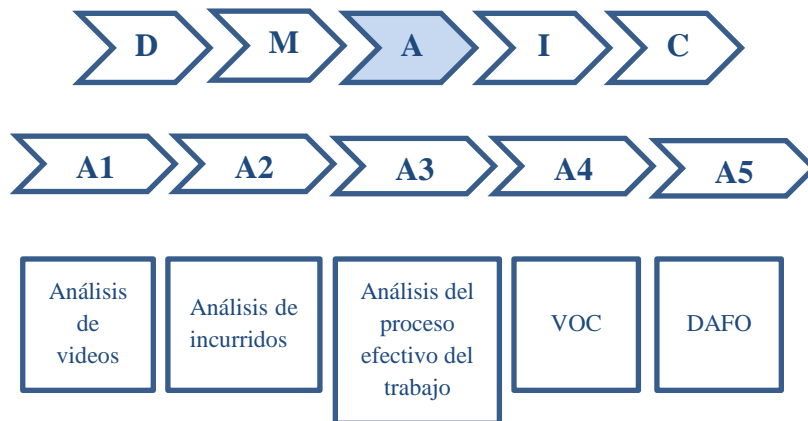
### 5.2.2 Planificación del trabajo

La planificación del trabajo es esencial para saber la información que se desea extraer de la grabación de los videos. En este caso se quiere medir, en porcentaje respecto del tiempo total, el tiempo de operaciones, el empleado en ponerse y quitarse las EPIS necesarias para realizar las operaciones, el empleado en mirar el manual y la documentación electrónica, el destinado a proteger y desproteger las piezas, el aplicado en buscar herramientas y útiles, el personal, las esperas, los desplazamientos, las consultas y las interrupciones, organizar el puesto de trabajo y realizar reprocesos. Así se clasificarán todos estos tiempos en tres colores: verde (zona de operaciones que dan valor al cliente), amarilla (operaciones necesarias pero que no añaden valor) y rojo (zona que debe eliminarse, pues no añade valor ni es necesaria), además del color azul, que representará el tiempo personal.

### **5.2.3 Recoger nuevos datos**

Dado que el trabajo puede diferir mucho entre una semana y otra se hace necesario recoger nuevos datos, esta vez se determina realizar las grabaciones de la limpieza de un motor completo, para poder compararlo tras implantar las acciones de mejora, pues se realizará de nuevo unas grabaciones del mismo tipo de motor completo. Por tanto, las grabaciones no se tomarán esta vez de una semana sino durante el tiempo necesario, desde el inicio hasta el fin de la limpieza de todas las piezas del motor.

### 5.3. ANÁLISIS



*Ilustración 5.6 Análisis del DMAIC de la sección de limpieza*

#### 5.3.1 Análisis de videos

Para el análisis de los videos se realiza un semáforo, donde el color verde es de operación y no puede ser reducido, el color amarillo se debe reducir pero no completamente y el color rojo debe ser eliminado completamente o en la mayor cantidad posible. Es necesario saber que hitos componen cada color con el fin de estudiar estos videos adecuadamente. Éstos se analizan uno a uno y operario por operario, para medir los tiempos y, por tanto, que no se vean afectados ni por las piezas, ni por la profesionalidad, ni por la experiencia de los trabajadores. En definitiva, se realiza la grabación, se miden tiempos, se observa cómo se distribuyen los tiempos y se analiza la grabación. Tras esto se unifican todos los datos obtenidos, los cuales se muestran en la Tabla 2. La columna de % se ha realizado dividiendo el tiempo empleado en cada proceso entre el tiempo total empleado en limpiar el motor completo.

Tabla 2. Datos resultantes del análisis de los videos de la situación inicial

HITO	%	OBSERVACIONES
<b>OPERACIONES</b>	<b>53,32%</b>	
<b>PONERSE/QUITARSE EPIS</b>	<b>1,42%</b>	
<b>ORDENADOR/MANUAL</b>	<b>3,02%</b>	Manual+Fichadas
<b>PROTEGER PIEZAS</b>	<b>1,46%</b>	
<b>DESPROTEGER PIEZAS</b>	<b>0,48%</b>	
<b>HERRAMIENTA</b>	<b>1,86%</b>	Búsqueda
<b>UTILES</b>	<b>0,46%</b>	Búsqueda
<b>PERSONAL</b>	<b>17,77%</b>	Café+Descanso+Aseo
<b>ESPERAS</b>	<b>5,08%</b>	
<b>TRANSPORTE</b>	<b>1,84%</b>	Movimiento de piezas
<b>DESPLAZAMIENTOS</b>	<b>2,88%</b>	Útiles+Herramientas+información
<b>INTERRUPCIONES</b>	<b>7,44%</b>	De trabajo: jefe equipo, departamento, ingeniería, compañeros
<b>ORGANIZAR</b>	<b>2,71%</b>	Piezas y herramientas
<b>RETRABAJO</b>	<b>0,26%</b>	
	<b>100,00%</b>	

### 5.3.2 Análisis de incurridos

Los incurridos (tiempo empleado por los operarios en el motor) se dividen por hitos, que corresponden a las diferentes operaciones que se pueden realizar en la sección. Las diversas operaciones son:

- Cabina de lavado
- Cabina de petroleado
- Cáscara de nuez
- Flushing
- Máquina de alúmina
- PLA
- Perla de vidrio
- Repaso manual

Todos estos hitos incluyen la preparación de la pieza para aplicarles el proceso más adecuado, las esperas, los desplazamientos y la búsqueda de piezas, útiles y herramientas necesarias. Analizando los incurridos obtenemos los porcentajes que se indican en la Tabla 3:

Tabla 3. Porcentajes de incurridos según los hitos

<b>HITO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<i>Cabina de lavado</i>	5%
<i>Cabina de petroleado</i>	10%
<i>Cáscara de nuez</i>	5%
<i>Flushing</i>	2%
<i>Máquina de alúmina</i>	3%
<i>PLA</i>	40%
<i>Perla de vidrio</i>	5%
<i>Repaso manual</i>	30%
<i>TOTAL</i>	100%

Se observa que donde más tiempo se emplea es en el PLA y en el repaso manual. Son preocupantes estos porcentajes, pues el más elevado, que es 40% el PLA, implica que la mayor parte del tiempo es espera a que la jaula salga de la línea de limpieza automática, lo que implica que este tiempo se puede disminuir. El otro porcentaje alarmante es el repaso manual, siendo de un 30%, por lo que en el apartado siguiente, MEJORA, se tendrá que pensar cómo abordar esta situación para mejorarla.

### **5.3.3 Análisis del proceso efectivo del trabajo**

A partir de la grabación se puede realizar de una forma gráfica una comparación de cómo está la sección inicialmente y cuál es la situación ideal, a la que se debería tender y ser el objetivo, esto se representa en la Ilustración 5.7.

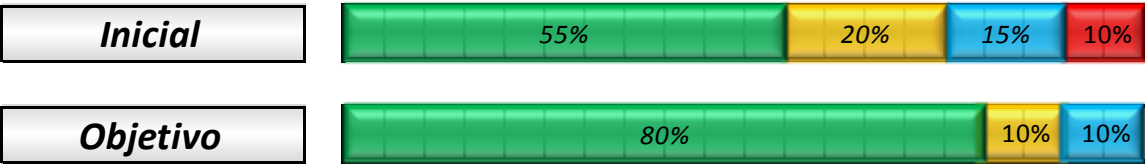


Ilustración 5.7. Proceso efectivo del trabajo, inicial e ideal.

5.3.4 VOC

La voz del cliente nos permite mejorar la coordinación interna, reducir los procesos ineficientes, fidelizar clientes y aumentar la rentabilidad, es decir, se hacen visibles las necesidades invisibles. Así se traducen las necesidades de los clientes a requisitos de los productos y servicios de la empresa. Para escuchar a los clientes hemos recurrido a los focus group y al brainstorming, a partir de aquí extraemos los elementos clave, se diseña o mejora los procesos para finalmente satisfacer a los clientes y a los trabajadores.

5.3.5 DAFO

A continuación se expone el DAFO desarrollado en el estudio de esta sección, lo que ayudará a conocer más la sección y saber qué se debe mantener y qué debe mejorarse:

Tabla 4. DAFO de la sección de limpieza

<b>DEBILIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
<i>Diversidad de motores con diferentes necesidades.</i>	<i>Capacidad tecnológica de equipos e instalaciones para la limpieza de motores.</i>
<i>Elevado Lead Time.</i>	<i>Mejora continua en tecnología.</i>
<i>Cadena de suministro limitada.</i>	<i>Personal cualificado: "Know-how".</i>
	<i>Capacidad para satisfacer las necesidades del cliente.</i>
<b>AMENAZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<i>Los requisitos técnicos están aumentando.</i>	<i>Crecimiento del transporte aéreo a nivel mundial.</i>
<i>Elevado riesgo.</i>	<i>Sector civil</i>
	<i>Nuevas técnicas y productos para la limpieza de piezas aeronáuticas.</i>



5.4. MEJORAS

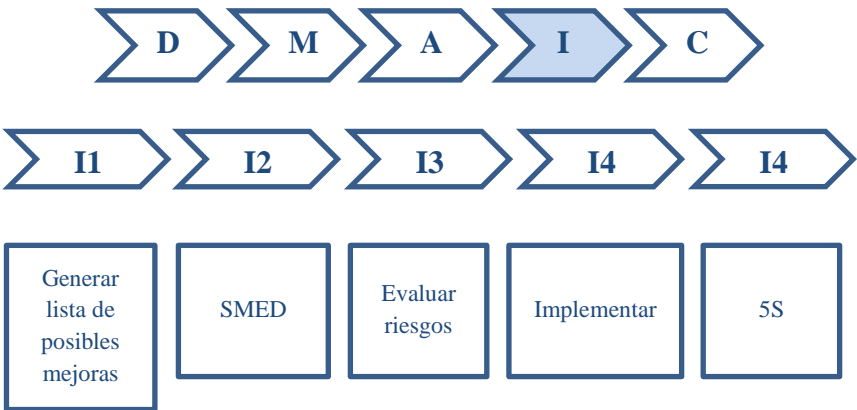


Ilustración 5.8 Mejora del DMAIC de la sección de limpieza

5.4.1 Generar lista de posibles mejoras

El siguiente paso es definir las acciones a partir de las ideas obtenidas con el brainstorming y focus group y con los datos obtenidos del análisis del video, es decir, con la participación de los trabajadores y en base al estudio previo realizado. Primero unificamos criterios, organizamos un listado con las acciones y estudiamos la viabilidad y repercusión que tendrían en el proceso. Este listado se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5. Acciones propuestas para la sección de limpieza

Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
1	Corregir la desmotivación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cursos de formación: limpieza (productos químicos, materiales y peligros), alarmas, motor y zona siguiente.</li> <li>- Cambio de actitud, en valoración de esta zona.</li> <li>- Corregir la falta de información, trazabilidad transparente, unificar criterios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de tiempo en buscar herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir las herramientas básicas de las que debe disponer cada trabajador.</li> <li>- Orden en las herramientas "personales" y generales, siempre el mismo</li> </ul>
2	Desorden en mesas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambiar las taquillas a taquillas grandes (EPIS).</li> <li>- Cambiar de sitio las taquillas</li> <li>- Cada persona tener un kit básico de herramientas personales (espátulas, alicates, corta alambres, cuchillas, estropajo, cepillos, barras PVC...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de tiempo en buscar herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir las herramientas básicas de las que debe disponer cada trabajador.</li> <li>- Orden en las herramientas "personales" y generales, siempre el mismo</li> </ul>
3	Aumentar seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner duchas de seguridad.</li> <li>- Aislar ruido de máquinas y polvo en suspensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar la seguridad de los trabajadores.</li> <li>- Mejorar la ergonomía y el ambiente de trabajo</li> </ul>	<p>Mantenimiento preventivo de los existentes</p>

Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
4	Aumentar seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner un lavaojos más.</li> <li>- Mantenimiento del lavaojos existente.</li> <li>- Poner una escalera de seguridad al final de la línea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El lavaojos actual no funciona correctamente, pues sale agua sucia y por lo tanto está inhabilitado.</li> </ul>	Mantenimiento preventivo de los existentes
5	Mejorar manuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual electrónico, disponible en cada ordenador.</li> <li>- Manual impreso debe tener una copia controlada.</li> <li>- Un ordenador sólo para la documentación.</li> <li>- Completar los manuales de limpieza, como el del Atar.</li> <li>- Manuales de todos los motores y de todos los guiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir tiempo de búsqueda de información de la pieza.</li> <li>- Disponer de más manuales.</li> <li>- Falta información y está obsoleta.</li> </ul>	Reducir tiempo de preparación de las jaulas

Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
6	Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesa por trabajador: introducir 2 puestos más.</li> <li>- Lámpara por mesa.</li> <li>- 3 ordenadores en total, disponiendo de manuales electrónicos.</li> <li>- Sillas con ruedas.</li> <li>- Poner 2 mesas auxiliares más (mesas con ruedas) que sean redondas. Y una rectangular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar las condiciones de trabajo y la motivación de los trabajadores.</li> </ul>	
7	Mantenimiento máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantar mantenimiento preventivo (máquinas y cubas).</li> <li>- Máquina de la perla arreglar: guante, puerta y filtros.</li> <li>- Disponer de guantes de repuesto de la perla.</li> <li>- Cambiar la madera del suelo de la cabina de traspaso manual.</li> <li>- Comprar turco, ahora sólo hay agua en esa cuba.</li> <li>- Tener un stock mínimo en mantenimiento (máquinas, cubas y repaso manual)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar parar la limpieza por un error en las máquinas.</li> <li>- Supone un repaso manual excesivo y por lo tanto un retrabajo.</li> </ul>	

Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
8	Mantenimiento máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arreglar extractor de la cabina de petroleado.</li> <li>- La pistola de la cabina de lavar gotea continuamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar parar la limpieza por un error en las máquinas.</li> <li>- Reducir costes.</li> </ul>	
9	Mejora de máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner en la máquina de lavado una que sea con agua caliente y/o vapor= Hidrolimpiadora.</li> <li>- Actualizar software de la línea de limpieza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir el tiempo de repaso de las piezas.</li> <li>- Evitar parar la línea de limpieza, colapsarla y aprovechar su capacidad.</li> </ul>	
10	Mejora de máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner pedal automático en la máquina de cáscara.</li> <li>- Introducir en la bailarina un extractor.</li> <li>- Quitar la cuba 19 del programa de la línea (secado con estufa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quitar esa cuba supone ahorrar mínimo 5 minutos en cada plas que requiera de esa cuba.</li> </ul>	
11	Mejora de máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máquina de lúmina y de cáscara poner toma a tierra.</li> <li>- Acercar pistolas de aire a las máquinas de chorreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar descargas de electricidad estática.</li> </ul>	

Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
12	Reducir desplazamientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambiar botones de la máquina de petroleado (con vitrina).</li> <li>- Cambiar de sitio el alambre.</li> </ul>	- Disminuir tiempo de desplazamientos y por tanto disminuir el tiempo total de limpieza.	
13	Orden de recepción y emisión de piezas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orden en los carros en la recepción y en la emisión.</li> <li>- Definición de la ubicación de piezas en el carro.</li> <li>- Definición tipo de protecciones para cada pieza.</li> <li>- Código de tarjetas para carros y/o subconjuntos completos y para clasificación por importancia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de tiempo por búsqueda de piezas.</li> <li>- Pérdida de tiempo por falta de información.</li> </ul>	Depende de cambio de LayOut
14	Orden de recepción y emisión de piezas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada pieza venga con un código de barras guardado en excel con foto y plan de limpieza.</li> </ul>		Depende de programa de orden en carros

Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
15	Mejorar las herramientas y útiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricar tapas para las jaulas, evitando usar alambre.</li> <li>- Fabricar 2 tapas, superior e inferior, y gomas para el spool (que soporte la alúmina, el chorro de colindón y la perla de vidrio).</li> <li>- Fabricar una tapa para el intermediate case assembly (que se pueda meter en la perla de vidrio).</li> <li>- Traspale nuevo.</li> <li>- Disponer de tapones de silicona de diversos tamaños y diámetros.</li> <li>- Disponer de un rotalín recto y otro de codo, este último lo más corto posible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de tiempo al no utilizar herramientas especializadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir diámetros que se requieren en los tapones de silicona cónicos.</li> <li>- Para el spool estudiar si el nylon valdría.</li> </ul>

Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
16	Orden de las herramientas y útiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener un stock de herramientas y útiles.</li> <li>- Tener un lugar fijo para las herramientas y útiles comunes.</li> <li>- Tener un lugar fijo para las herramientas personales.</li> <li>- Control de consumibles (5S)- tarjetas.</li> <li>- Crear armario de consumibles.</li> <li>- Orden de las mesas y sus cajones por funciones.</li> <li>- Colocar estanterías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de tiempo al buscar las herramientas necesarias.</li> <li>- Pérdida de tiempo al realizar herramientas personales.</li> <li>- Pérdida de tiempo al pedir herramientas a otros operarios o secciones.</li> </ul>	
17	Mejorar la recepción de piezas- tornillería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tornillería venga desmontada y ordenada en cajas con tapa (como las de PW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de tiempo en desmontar la tornillería.</li> <li>- Pérdida de tiempo en limpiarla a mano y no en cubas.</li> </ul>	Depende de programa de orden en carros



Nº	IDEA	DESARROLLO	JUSTIFICACIÓN	COMENTARIO
18	Mejorar la recepción de piezas- tornillería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner en la caja de tornillería que los cajetines se puedan sacar.</li> <li>- Clasificar la tornillería por part-number.</li> <li>- La caja de tornillería sea de un metal que soporte agua, jabón y petróleo, como el aluminio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de tiempo en desmontar la tornillería.</li> <li>- Pérdida de tiempo en limpiarla a mano y no en cubas.</li> </ul>	Depende de cambio de LayOut
19	No perder piezas	- Comunicar cuando se coja una pieza, mediante lista, tarjeta...	- Controlar "robo" de piezas	Depende de programa de orden en carros

### 5.4.2 **SMED**

La técnica SMED (ver Anexo V) la aplicamos en la línea automática, especialmente en las jaulas donde van las piezas que son las que se introducen en dicha línea. Tras observar la sección y analizarla en los videos se llega a la conclusión que las jaulas permanecen demasiado tiempo a la entrada y a la salida de la línea de limpieza, por lo que se opta por introducir una baliza luminosa y sonora, para aumentar el flujo, disminuir las paradas y estandarizar el proceso (para que de esta manera no dependa del criterio de los operarios) -dicha baliza se muestra en la *Ilustración 5.9-*. Así se consigue que las jaulas no permanezcan más de 10 minutos paradas tanto a la entrada como a la salida de la línea manteniendo la linealidad del proceso.



*Ilustración 5.9. Baliza luminosa y sonora [18]*

### 5.4.3 Evaluar riesgos

El mayor riesgo que se encuentra en esta zona es que los operarios no escuchen las alarmas para evacuar la nave; esto es debido a que las máquinas que se encuentran en esta sección son muy ruidosas e incluso en algunas de ellas es imprescindible el uso de cascos. Por eso se han introducido unas alarmas sonoras más potentes y a su vez luminosas, además de dar formación a todos los trabajadores de primeros auxilios, prevención de riesgos laborales y equipos de intervención. Las alarmas introducidas son como muestra la *Ilustración 5.10*:



*Ilustración 5.10 Alarma luminosa y sonora [25]*

Debido a la existencia de líquidos peligrosos (ácidos y bases) en la sección de limpieza y a que las piezas que salen de la línea automática pueden gotear alguna de estas sustancias se impuso la norma de avisar inmediatamente al jefe de la sección en caso de observar algún líquido en el suelo y se optó por pintar la superficie de la sección con una pintura especial que soportase dichas sustancias y que además fuese antideslizante.

#### 5.4.4 **Implementar**

Tras tomar estas decisiones se implementan una a una, a continuación se vuelve a grabar para verificar que se han implantado de forma adecuada y son efectivas. Si fuese necesario se volvería a extraer posibles acciones de estas grabaciones y de las ideas de los trabajadores, implementándose de nuevo.

Es en este momento cuando se modifica el lay out y por tanto varía el flujo en la sección (*Ilustración 5.12*), donde se puede observar que respecto a la situación inicial se mejora el flujo, la trazabilidad de las piezas y se disminuyen desplazamientos entre otros.

En el nuevo lay out (*Ilustración 5.11*) se aprecia que se han introducido 3 puestos más de trabajo, con lo que se mejora la ergonomía de los operarios (antes trabajaban en mesas auxiliares); también se cambia de situación la botonera de la cabina de petroleado y de la cabina de flushing, evitando así desplazamientos; se introduce un perchero nuevo para las EPIS, dado que es un cambio respecto a los trabajadores pero no afecta a la producción esta acción produce una mejora en la actitud de los trabajadores y en su motivación. Se quita la cuba 19 de los programas automáticos, ahorrando 15 min en cada programa que dicha cuba estuviese involucrada (pues al no utilizarse pero estar en el programa la jaula entraba en la cuba y salía, por lo que es un tiempo en que se incurría sin ser necesario). Se introduce en la sección una nueva máquina (safety clean), necesaria para limpiar piezas pequeñas y tornillería, pues es aquí donde se puede automatizar más el proceso y aplicar el tiempo del operario a otras acciones que no pueden automatizarse. Se extraen de la sección dos máquinas que están obsoletas desde hace años y por tanto no se utilizaban en ningún momento, dejando así un espacio más amplio en la sección que permite mayor movilidad a los trabajadores y la sección queda más organizada. Se introducen dos armarios, uno para herramientas y otro para consumibles, aumentando el orden y la limpieza; por último se pone un extintor más, para disminuir los riesgos que se pueden producir en dicha zona.

Respecto a los porcentajes alarmantes del apartado anterior, ANÁLISIS, (40% en PLA y 30% en repaso manual) se establecen diversas acciones:

- Mientras la jaula con las piezas esté dentro de la línea de limpieza automática se debe cerrar el hito y fichar a otra acción, de esta manera se evita que se espere y se consigue invertir ese tiempo en realizar otro proceso.

- Se debe controlar el estado de los compuestos químicos con más frecuencia, estableciéndose dicha frecuencia una vez por semana. Con esto se pretende que el PLA y los procesos en máquinas sean lo más efectivos posibles y, por tanto, disminuir el tiempo empleado en el repaso manual.
- Establecer el nivel de limpieza necesario para cada pieza, pues según la intervención por el tipo de mantenimiento del motor se requiere un nivel mayor o menor. En la situación inicial se consideraba que las piezas debían salir con el mayor grado de limpieza en toda situación, pero en la realidad esto no es necesario, por lo que si se aplica la limpieza adecuada se disminuye el tiempo invertido en el repaso manual, el coste en consumibles, diferentes recursos y en el personal.
- Se cambia la ordenación de los carros. Inicialmente las piezas se sitúan según criterio del desmontaje, siendo distinto este orden en cada motor. A partir de aquí se clasifican las piezas según el PLA y se impone una clasificación única, siendo para cada tipo de motor la misma en todo momento. Así, se reduce el tiempo empleado en preparar la jaula y se estandariza el proceso y la información. Además, esta variación se debe aplicar a todo el proceso, no solo a la sección de limpieza, por lo que la repercusión de esta acción será a nivel global de la empresa. Esta nueva clasificación en el carro debe ir acompañada por fotos de cada balda y de cada caja, para facilitar que esta mejora se mantenga y la transición sea más fácil.

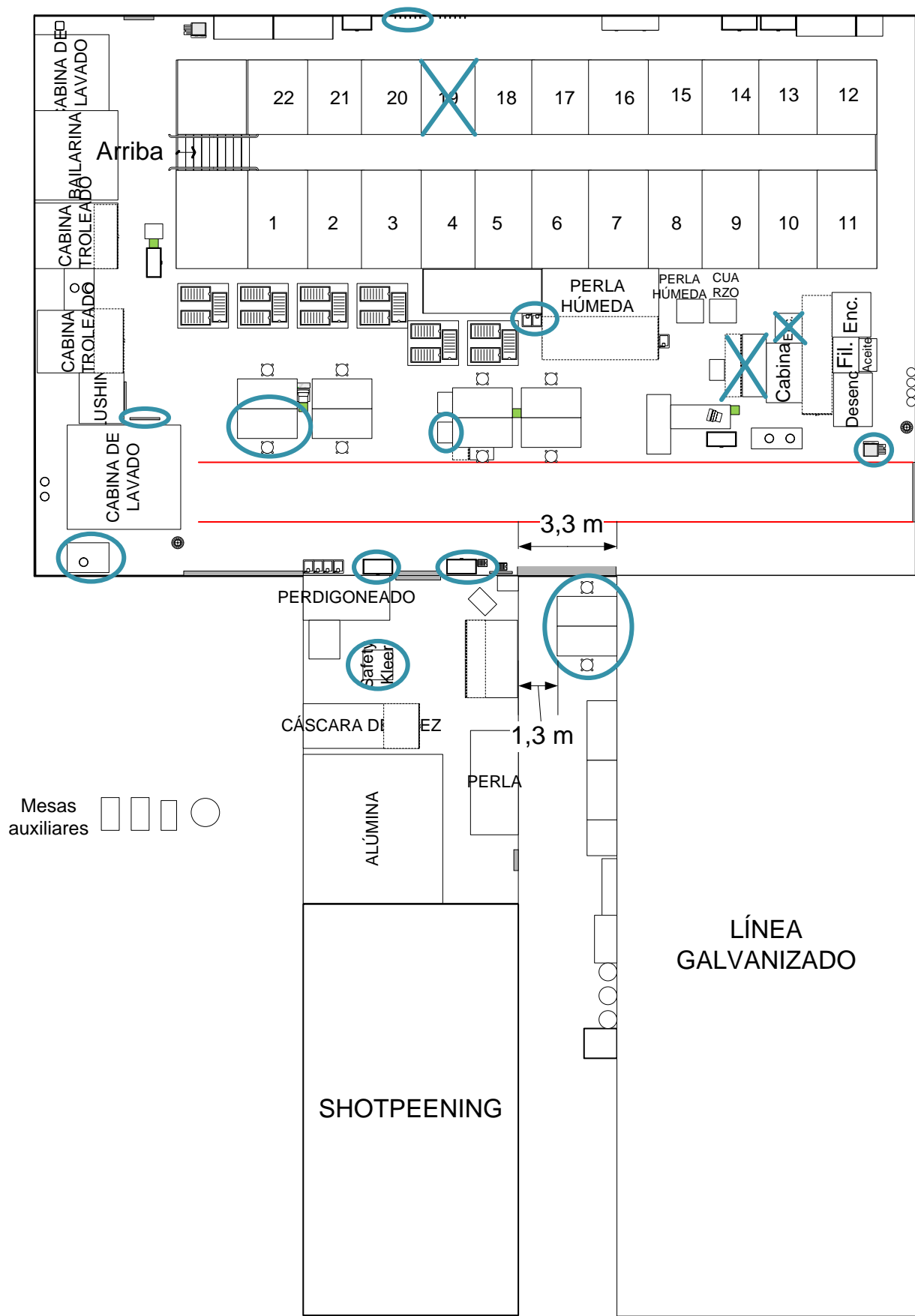


Ilustración 5.11 Lay out final

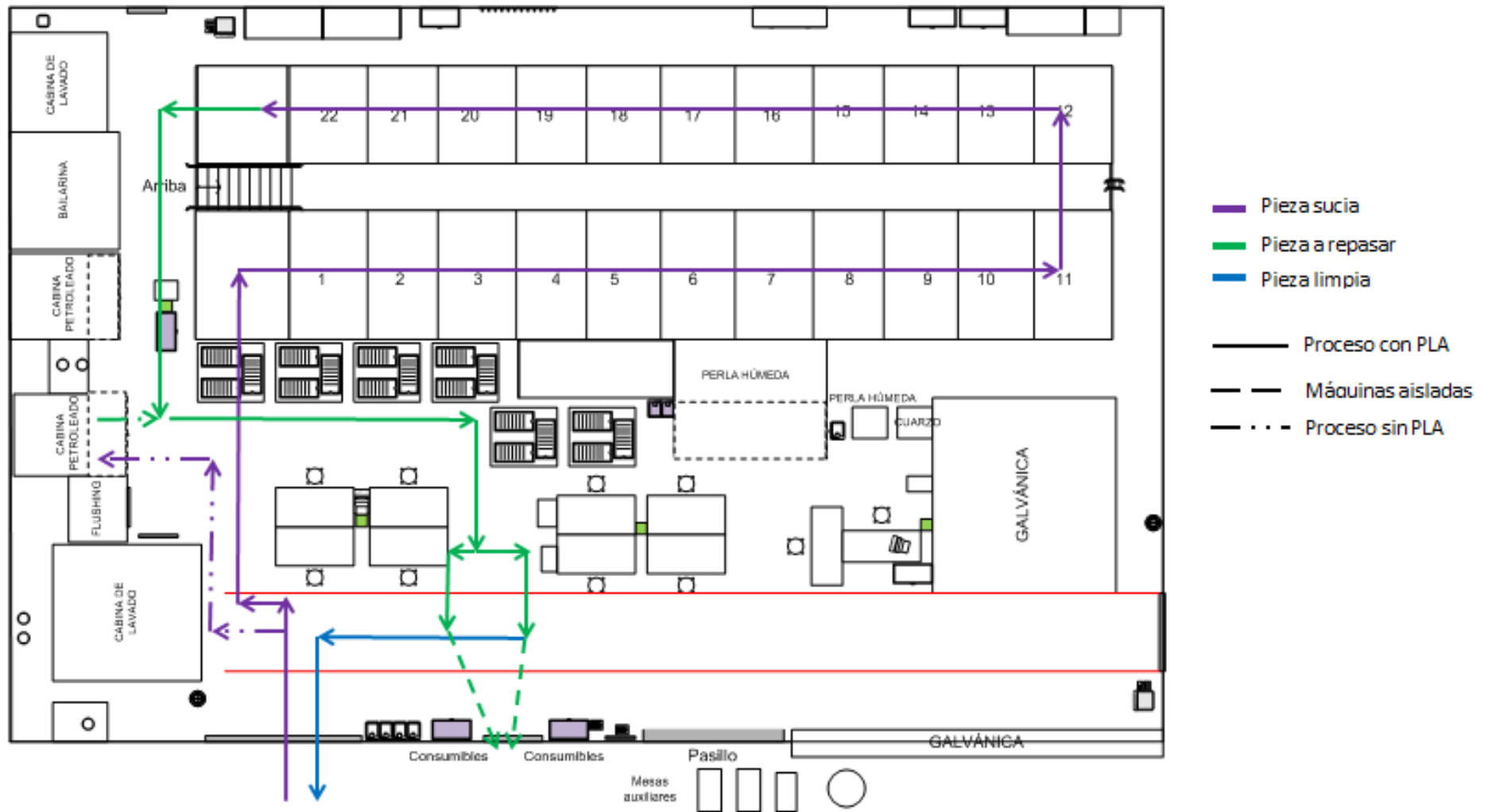


Ilustración 5.12 Diagrama de flechas final

Por último, se implanta en la sección el TPM (ver Anexo VI). Éste está compuesto por 3 procesos, pues son las más comunes y asumibles para la sección. Los procesos son:

- Mantenimiento de la ducha y el lavaojos de seguridad.
- Cambio del guante de seguridad de la máquina de cáscara de nuez.
- Cambio de filtro de la máquina de perla de vidrio.

Gracias a esto se consigue evitar esperas, pues si se rompe se avisa a mantenimiento y según la lista de prioridades y su planificación se arregla antes o después, evitando así parar la máquina y por tanto el proceso de limpieza.

Hay que tener en cuenta que implantar el TPM (ver Anexo VI) conlleva un tiempo extra para los trabajadores de la sección, por eso inicialmente es necesario realizar un pequeño estudio previo (Tabla 6) donde se observe el tiempo que se emplea en cada proceso si lo lleva a cabo mantenimiento o en cambio se traspasase esta responsabilidad a la propia sección.

Tabla 6. Tiempo empleado en el mantenimiento

	<i><b>Mantenimiento</b></i>	<i><b>Sección de Limpieza</b></i>
<i><b>Ducha y lavaojos de seguridad</b></i>	4 días	15 min
<i><b>Guante de la cáscara de nuez</b></i>	2 semanas	20 min
<i><b>Filtro de la perla de vidrio</b></i>	3 semanas	20 min

Tras el estudio previo, donde se puede ver claramente que convendría introducir estas acciones en la propia sección se debe evaluar el esfuerzo necesario que supone a la empresa para formar a los operarios de modo que sepan abordar las 3 acciones de forma adecuada. Dicha inversión se considera baja, pues en estos casos consta de un curso que no dura más de una hora y media, requiriendo la presencia de un trabajador de mantenimiento.

Por tanto, se puede concluir que habiendo estudiado el tiempo empleado por cada sección y el coste que supone la formación, la propuesta de implantar el TPM se acepta. A continuación se crean los procedimientos para las 3 acciones, los cuales se muestran a continuación, en la *Ilustración 5.13*, *Ilustración 5.14*, *Ilustración 5.15* y se da la formación adecuada al personal de limpieza.





**Industria de Turbo Propulsores**  
**Mantenimiento Interno**

## **Mantenimiento ducha y lavaojos de seguridad.**

### **1. Abrir el lavaojos**

1.1 Quitar los tapones del lavaojos ( Fig.1 y Fig. 2)



Fig. 1



Fig.

### **2. Echar la palanca hacia atrás, hasta que salga agua (Fig. 3 y Fig.4)**



Fig. 3



Fig.

### **3. Comprobar que no hay fugas de agua por ningún lado (Fig. 5)**



Fig. 5

4. Esperar 20 min. Comprobar que el agua sale limpia y cerrar la palanca (Fig. 6 y

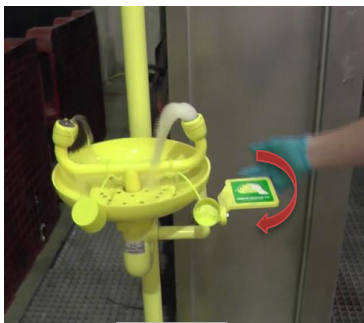


Fig. 6



Fig.

5. Cerrar el lavaojos (Fig. 8 y Fig.9)



Fig. 8



Fig.

FRECUENCIA	EPIS
1 vez por semana	Guantes

Ilustración 5.13 TPM para la ducha y el lavaojos de seguridad.

## Cambio de guante de seguridad de la máquina de cáscara de nuez

### 0. Fichar en SAP

0.1 Clickear en el acceso directo de SAP (SAP Logon Pad) (Fig 0.1)



Fig. 0.1

0.2 Pinchar en [PRO] FICO R3 Produccion (Fig 0.2)

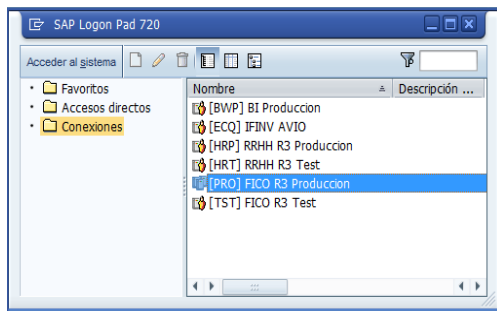


Fig. 0.2

0.3 Introducir usuario: ufic09 y clave: ufic09

0.4 Captura de incurridos (Fig 0.4)

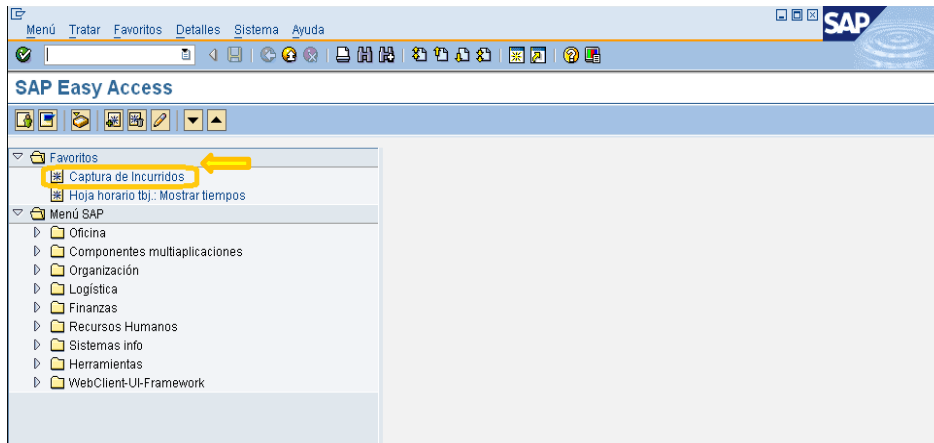


Fig. 0.4

0.5 Introducir el número de trabajador en N° personal y confirmar (Fig 0.5)

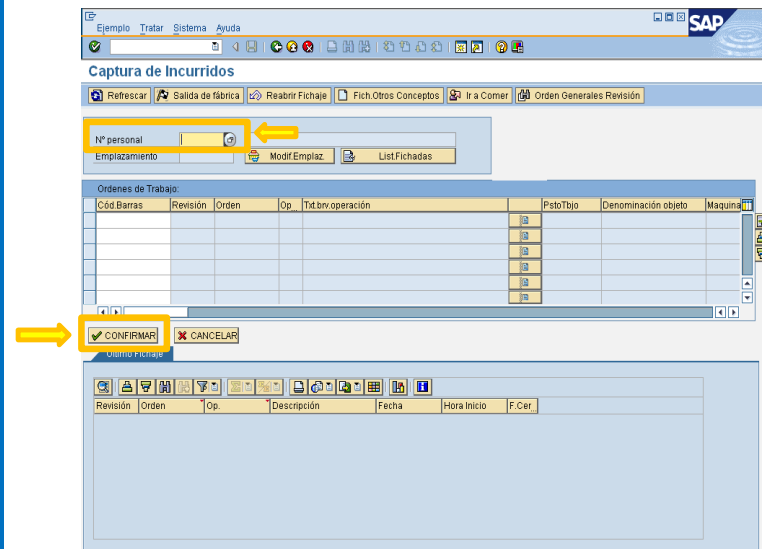


Fig.

0.6 Fichar otros conceptos (Fig 0.6)

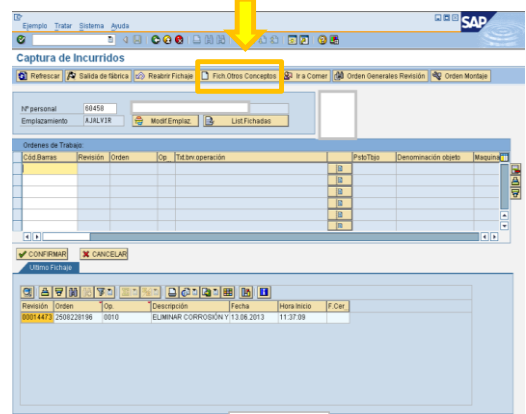


Fig.

0.7 Trabajos máquinas e instalaciones (Fig 0.7)

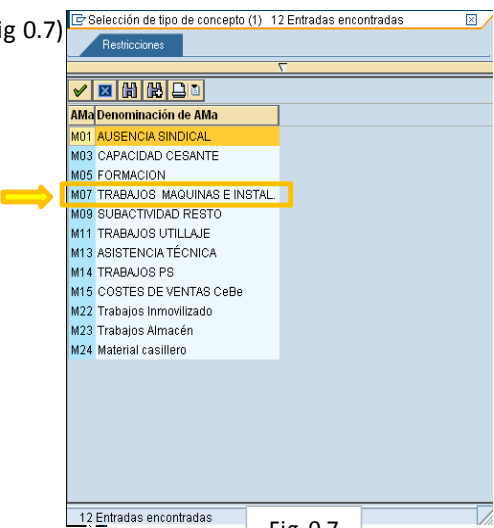


Fig. 0.7

0.8 Mantenimiento correctivo linea automatica de limpieza (Fig 0.8)

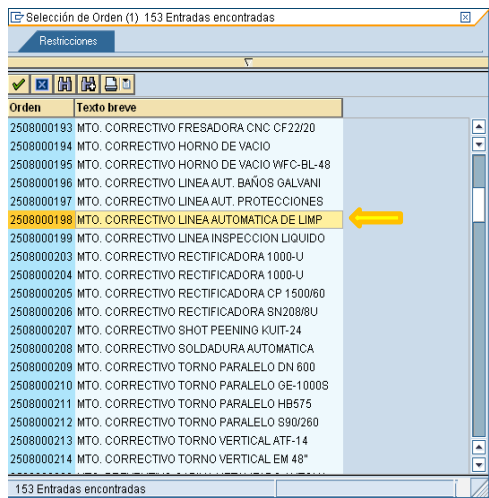


Fig. 0.8

0.9 Confirmar (Fig 0.9)

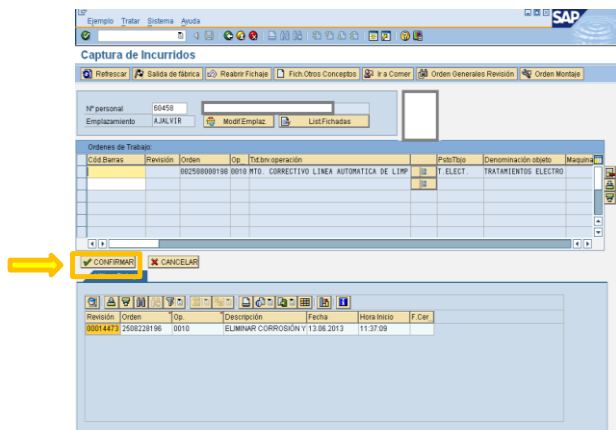


Fig.

1.Retirar el guante que está roto

1.1 Cogér llave de vaso del número 7\* (Fig 1.)



Fig. 1

\*Nota: en lugar de llave de vaso del 7 puede emplearse cualquier llave del 7, destornillador de estrella o destornillador plano ancho.

**1.2 Abrir la abrazadera con la llave de vaso del número 7 (Fig 2) y sacar el guante roto (Fig 3)**



Fig. 2



Fig.

**2. Poner el guante nuevo**

**2.1 Meter el guante nuevo en la brida (Fig 4).**



Fig. 4

**2.2 Doblar el final del guante por la brida (Fig 5 y Fig 6)**



Fig. 5



Fig. 6

**2.3 Encajar la brida en el hueco del guante (Fig 7)**



Fig. 7

2.4 Apretar la abrazadera con la llave del vaso de número 7 (Fig 8 y Fig 9)



Fig. 8



Fig. 9

3. Comprobación

3.1 Asegurarse de que la brida está bien sujeta (Fig 10 y Fig 11).



Fig. 10



Fig. 11

3.2 Comprobación de que el guante está bien puesto.



Fig. 12

FRECUENCIA	EPIS	
Cuando se rompa	Guantes	
FIRMAS		
Realizado	Revisado	Aprobado
Nombre	Nombre	Nombre
Fecha	Fecha	Fecha

Ilustración 5.14. TPM para cambiar el guante de la máquina de la cáscara de nuez.



## Industria de Turbo Propulsores Mantenimiento Interno

### Cambio de filtro de la perla de vidrio

#### 0. Fichar en SAP

0.1 Clickear en el acceso directo de SAP (SAP Logon Pad) (Fig 0.1)



Fig. 0.1

0.2 Pinchar en [PRO] FICO R3 Produccion (Fig 0.2)

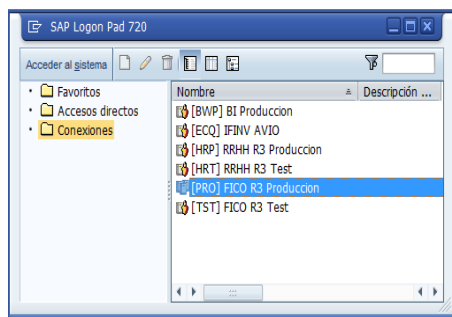


Fig. 0.2

0.3 Introducir usuario: ufc09 y clave: ufc09

0.4 Captura de incurridos (Fig 0.4)

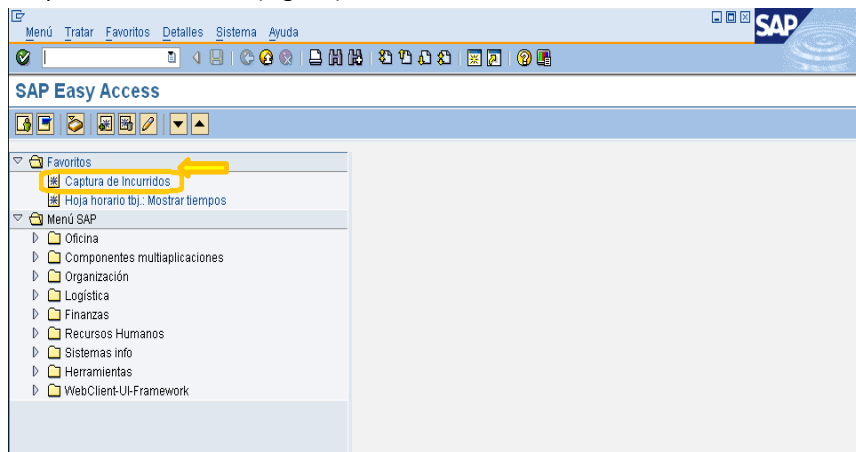


Fig. 0.4



0.5 Introducir el número de trabajador en N° personal y confirmar (Fig 0.5)

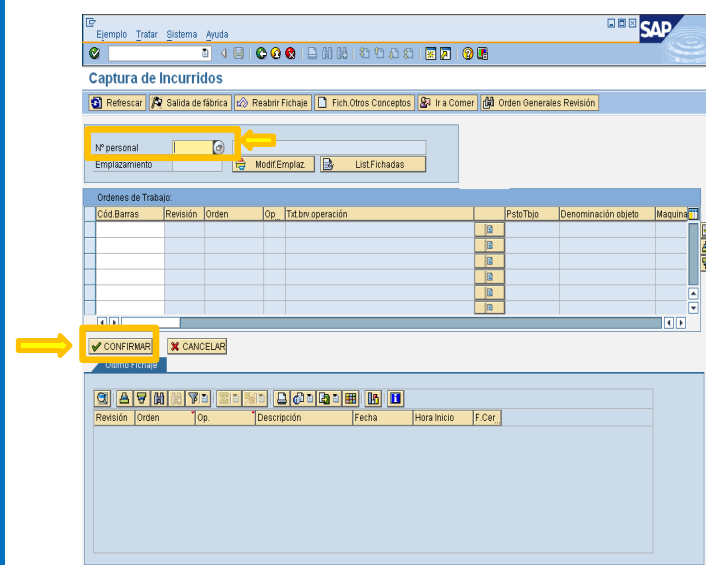


Fig. 0.5

0.6 Fichar otros conceptos (Fig 0.6)

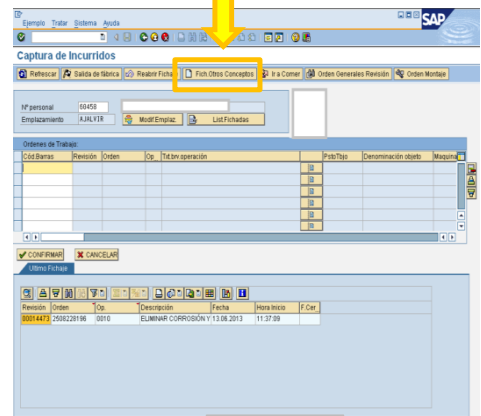


Fig. 0.6

0.7 Trabajos máquinas e instalaciones (Fig 0.7)

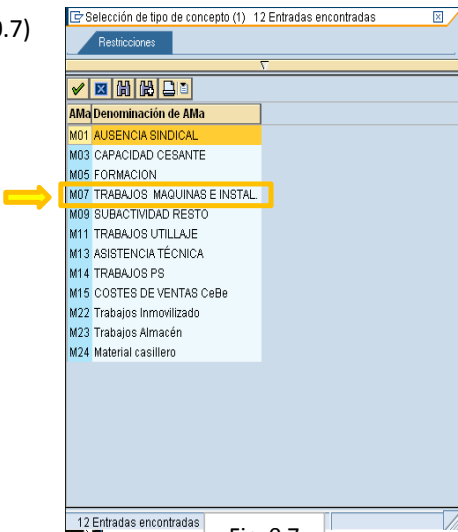


Fig. 0.7

0.8 Mantenimiento correctivo linea automatica de limpieza (Fig 0.8)

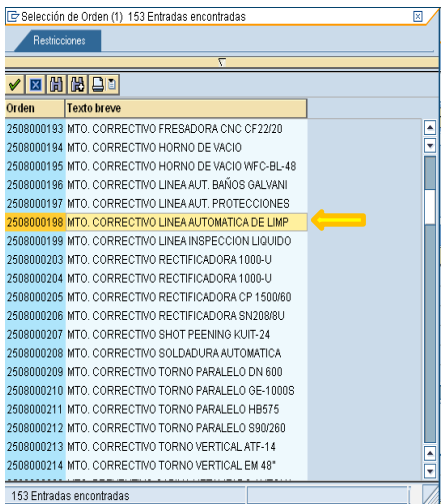


Fig. 0.8

0.9 Confirmar (Fig 0.9)

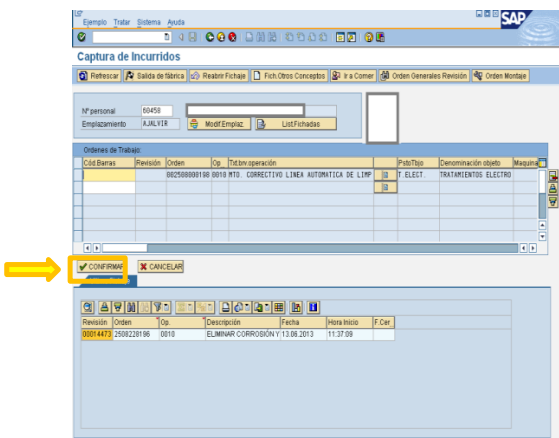


Fig. 0.9

1. Desconexión del equipo.

1.1 Apagar la perla girando el interruptor a la posición OFF (fig. 1) y apagar el extractor pulsando la parte superior del interruptor (fig. 2)



Fig. 1



Fig. 2

## 2. Retirar filtro usado.

2.1 Abrir la puerta gris (fig. 3), para acceder a los 4 topes del filtro situados en las esquinas (fig.4)



Fig. 3



Fig. 4

2.2 Localizar los 4 topes (fig.5) que sostienen la guía del filtro en cada una de sus esquinas y el agujero que tienen en su base (fig.6).



Fig.

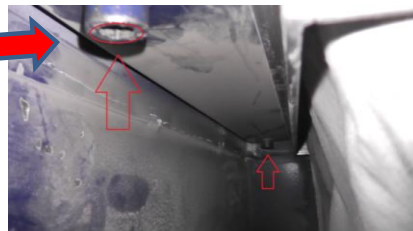


Fig. 6

2.3 Introducir la llave Allen N°8 en el hueco situado en la parte inferior del tope (fig. 7) y aflojar cada uno de los 4 topes (fig.8). (Asegurar haber aflojado lo suficiente los topes de las guías para no entorpecer la inserción del filtro nuevo)

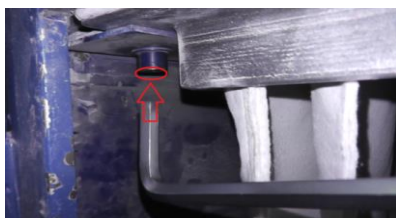


Fig. 7



Fig. 8

2.3 Retirar el filtro usado tirando de la carcasa superior rígida (fig. 9) del mismo. Primero extraemos el filtro tirando de la parte frontal (fig. 10), para continuar la extracción tirando de los carriles laterales del filtro (fig. 11)



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

### 3. Instalar del filtro nuevo

**3.1** Introducir el nuevo filtro por las guías, primero introduciendo la parte izquierda(fig. 12) y después la parte derecha (fig. 13)



Fig. 12



Fig. 13

**3.2** Durante la inserción, tirar de la parte inferior de la bolsa de modo que quede tensada hacia abajo para evitar los pliegues en la parte superior del filtro (fig.14 y fig. 15).



Fig. 14



Fig. 15

**3.3** Una vez tensada la bolsa del nuevo filtro, empujar el frontal hasta que haga tope con el fondo(fig. 16) y apretar los 4 toques de ambas guías con la llave Allen Nº8 (fig. 17) realizando la operación inversa al paso 2.3.



Fig. 16



Fig. 17

3.4 Cerrar la puerta de acceso al filtro del extractor (fig. 18)



Fig. 18

4. Encender equipo y comprobar el correcto funcionamiento del extractor.

4.1 Activar el extractor pulsando la parte inferior del interruptor (fig. 19) y encender la perla girando el interruptor hasta la posición ON (fig. 20)



Fig. 19



Fig. 20

4.2 Pulsar el botón de marcha situado en la zona de operación de la perla (fig.21) y pulsar el pedal de activación (fig. 22). En caso de que no funcione el extractor ponerse en contacto con

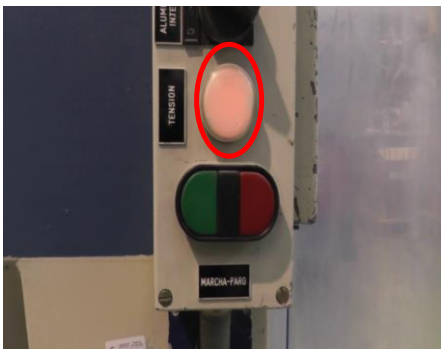


Fig. 21



Fig. 22

FRECUENCIA	EPIS	
Cuando se rompa	Guantes	
FIRMAS		
Realizado	Revisado	Aprobado
Nombre	Nombre	Nombre
Fecha	Fecha	Fecha

Ilustración 5.15. TPM para el cambio del filtro de la máquina de perla de vidrio.

### 5.4.5 5S

En los puestos de trabajo de la sección en estudio se requiere imponer orden, limpieza y disciplina, correspondientes a la metodología 5S. Para ello se introducen unas estanterías en las mesas de los trabajadores, así se facilita un lugar donde tener todas las herramientas necesarias para realizar con éxito el trabajo y que todos los trabajadores dispongan de las mismas herramientas. Dado que los puestos de trabajo no corresponden con trabajadores, sino que son comunes para todos ellos, estas estanterías también permiten que haya el mismo orden en todas las mesas.

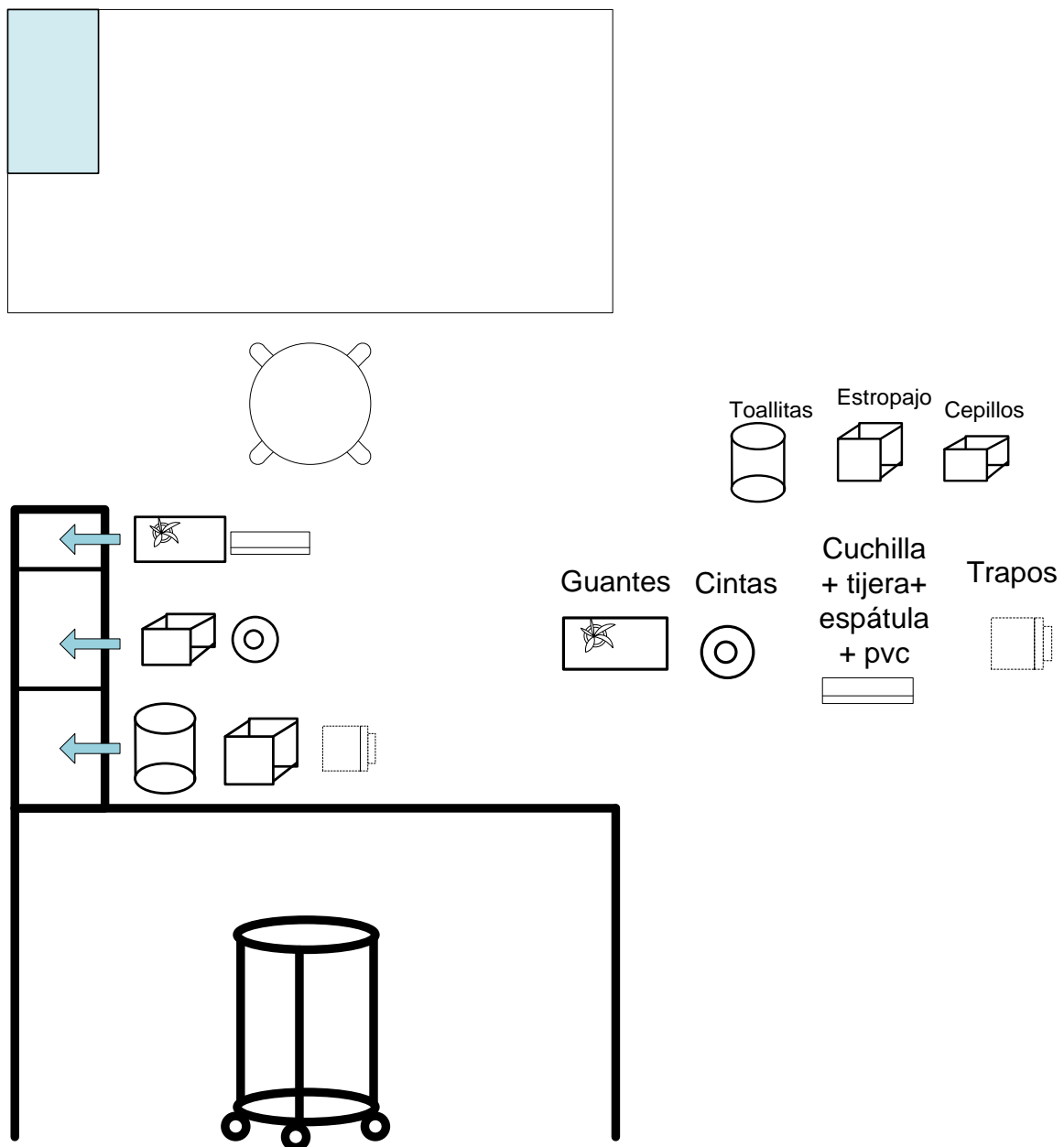



Ilustración 5.16 Esquema estantería y orden en la misma

Para que el orden y la limpieza se mantengan en el tiempo es necesario la disciplina y el control. Por eso se ideó una plantilla (*Ilustración 5.17*) donde el jefe de la sección debe apuntar si se mantiene o no y sus observaciones. La revisión del puesto de trabajo debe ser diaria por lo que el jefe debe asegurarse al final de la jornada que los puestos se dejan ordenados y limpios. Es necesario que cada mesa tenga su plantilla.



	<b>Mes:</b>		<b>Sección:</b>		<b>Puesto:</b>		<b>L</b>	<b>Limpieza del puesto</b>
	<b>Agosto</b>		<b>Limpieza</b>		<b>Mesa 10</b>		<b>O</b>	<b>Orden</b>

<b>1</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>2</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>3</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>4</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>5</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>
L			L			L			L			L		
O			O			O			O			O		

<b>6</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>7</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>8</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>9</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>10</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>
L			L			L			L			L		
O			O			O			O			O		

<b>11</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>12</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>13</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>14</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>15</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>
L			L			L			L			L		
O			O			O			O			O		

<b>16</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>17</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>18</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>19</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>20</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>
L			L			L			L			L		
O			O			O			O			O		

<b>21</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>22</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>23</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>24</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>25</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>
L			L			L			L			L		
O			O			O			O			O		

<b>26</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>27</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>28</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>29</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>30</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>
L			L			L			L			L		
O			O			O			O			O		

<b>31</b>	<b>Realizado</b>	<b>Revisado</b>	<b>Observaciones:</b>											
L														
O														

**2013**

Ilustración 5.17. Plantilla de control 5S

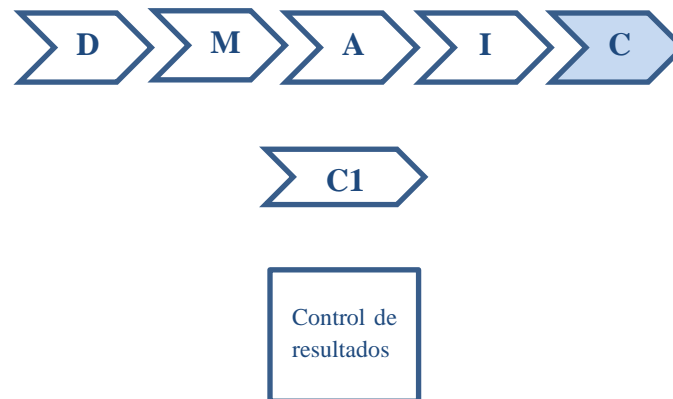


Por último en esta etapa de la metodología se define el stock mínimo necesario de los consumibles en la sección de limpieza, estudiando el uso de cada uno y el tiempo de recepción, es decir desde que se pide al proveedor hasta que llega dentro de la sección, así se obtiene la cantidad mínima necesaria de cada uno. La enumeración de éstos se muestra a continuación:

- Estropajo- 6 paquetes
- Cepillos acero- 10 u
- Cepillos cobre- 10 u
- Toallitas- 8 botes
- Trapos- 2 paquetes
- Cinta metálica- 3 rollos
- Cinta amarilla- 5 rollos
- Cinta carroceros- 5 rollos de cada ancho (2 anchos)
- Guantes anti elasticidad estática- 2 (de cada mano)
- Guantes cáscara- 2 (de cada mano)
- Alambre- 1 rollo
- Bolsas- 5 paquetes de cada tamaño (3 tamaños: grandes, medianas, pequeñas)
- Baquetas acero- 10 u de cada tamaño (4 tamaños)
- Baquetas cobre- 10 u de cada tamaño (4 tamaños)
- Repuestos rotalín- 5 cajas
- Guantes azules- talla S: 1; talla M: 2; talla L: 4, talla XL: 4

Este stock mínimo necesario se sitúa en el nuevo armario introducido en la sección en el Lay Out final, delante de la ubicación de las máquinas, y debe controlarlo el jefe de equipo y en caso de ausentarse éste el jefe de la sección.

## 5.5.CONTROL



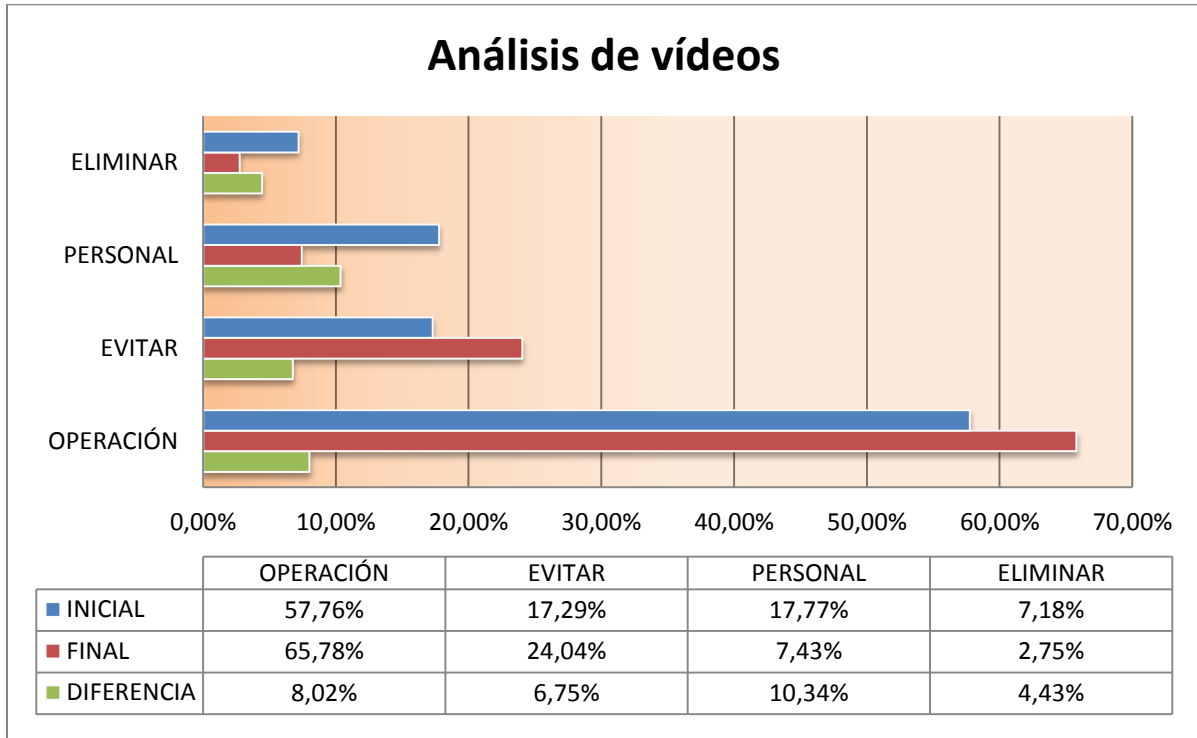
*Ilustración 5.18 Control del DMAIC de la sección de limpieza*

Para controlar los resultados verificamos que las acciones implantadas han tenido el impacto esperado. Para ello se vuelven a realizar grabaciones de video en la sección de limpieza y se analizan dichos videos, al igual que en la situación inicial. La comparación del análisis inicial con el obtenido en la verificación de mejoras se representa en la tabla siguiente:

**Tabla 7. Análisis del video de verificación de mejoras**

LIMPIEZA	%INICIAL		%FINAL	
OPERACIÓN SOBRE MOTOR	53,32%		59,97%	
DOCUMENTACIÓN/ORDENADOR	3,02%	57,76%	2,88%	65,78%
EPIS	1,42%		2,93%	
DESPLAZAMIENTO	2,88%		12,20%	
PROTECCIÓN DE PIEZAS	1,94%		1,56%	
HERRAMIENTAS	1,86%	17,29%	1,20%	24,04%
ORGANIZAR	2,71%		3,10%	
INTERRUPCIONES	7,44%		5,48%	
UTILES	0,46%		0,5%	
PERSONAL	17,77%	17,77%	7,43%	7,43%
ESPERAS	5,08%		2%	
RETRABAJO	0,26%	7,18%	0%	2,75%
TRANSPORTE	1,84%		1%	
TOTAL		100%		100,00%

Para comprarlos se construye un gráfico de barras, *Ilustración 5.19*, donde la diferencia entre los dos análisis está en valor absoluto. Lo que se representa en dicha imagen son las zonas verde (denominada operación), amarillo (evitar), azul (personal) y rojo (eliminar):



*Ilustración 5.19 Comparativa de resultados del análisis de los vídeos*

Se observa que el proceso de operación, asignado a la zona verde del semáforo se ha incrementado y que los procesos a eliminar, asignados a la zona roja del semáforo se han disminuido. Estos dos datos son acordes a lo esperado e incluso son mejores a los objetivos iniciales. El tiempo personal, asignado en color azul pues es necesario y debe estar estipulado pero no forma parte el proceso completo, también se ha visto disminuido. Por lo general este tiempo se aproxima al 12%, en nuestro objeto de estudio en la situación inicial estaba por encima y en la situación final por debajo, por lo que será necesario estudiar la variación tan grande que ha habido, aunque esto debe ser cuando toda la metodología DMAIC vuelva a aplicarse (mejora continua).

Sin embargo, el proceso a evitar, asignado al color amarillo en el semáforo, se ha visto incrementado en la situación final respecto de la inicial, cuando se esperaba lo contrario. Esto es debido a que parte del tiempo necesario de eliminar y del tiempo personal se ha invertido en operaciones a evitar, por lo que en el ciclo siguiente se tendrá que controlar este hecho y estudiarlo más detalladamente.

Como conclusión de la comparativa los resultados son positivos, se ha llegado al objetivo propuesto y se han determinado diferentes caminos por los que seguir en el proyecto.

Además de acercarse a la distribución de tiempos deseada y mejorarla, se reduce el lead time de la sección en un 25% respecto del inicial, consiguiendo de esta forma superar el objetivo inicial, que era disminuirlo un 15%. Dado que el tiempo de limpieza de un motor ha variado tras la implantación de las mejoras los datos que se pueden comparar son los porcentajes, por eso son los mostrados en la Tabla 7 y los explicados a continuación de ésta.

En definitiva, a grandes rasgos tras aplicar la metodología DMAIC se llega a dos conclusiones: se ha disminuido el lead time de la sección, logrando ampliar el objetivo propuesto, y la distribución del tiempo dentro de la sección se ha acercado a la ideal.

A continuación debe volver a aplicarse dicha técnica en la sección centrándose en cada proceso, o dicho de otra manera, en cada bloque del process map (*Ilustración 5.2*) y estandarizar dichos procesos, si fuese necesario se tendría que cambiar de herramientas para facilitar el trabajo y realizarlo con la misma calidad y superior en un tiempo menor.

## 5.6. RESUMEN FINAL

DMAIC es una herramienta de la metodología Seis Sigma orientada en la mejora incremental de procesos existentes. Es un acrónimo (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control) de los pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Ésta es una estrategia de calidad basada en la estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora. Cada paso se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.

La primera etapa Definir, D, consiste en clarificar el propósito que se busca y proponer los medios necesarios para lograrlo. Una vez definido, se establece el Process Map (*Ilustración 5.2*), el SIPOC (Tabla 1) y el Diagrama de flechas (*Ilustración 5.4*), cuya misión es presentar y comprender el proceso completo para comenzar a aplicar adecuadamente la metodología DMAIC en la sección.

La siguiente etapa, Medir, M, consiste en realizar la grabación en la sección durante una semana y planificar el trabajo, para conocer la información que se desea extraer de los videos. Una vez establecidos los hitos que se van a estudiar en los videos se decide volver a grabar nuevamente la sección, esta vez un motor completo, para en la última instancia poder comparar estos últimos resultados con los anteriormente obtenidos.

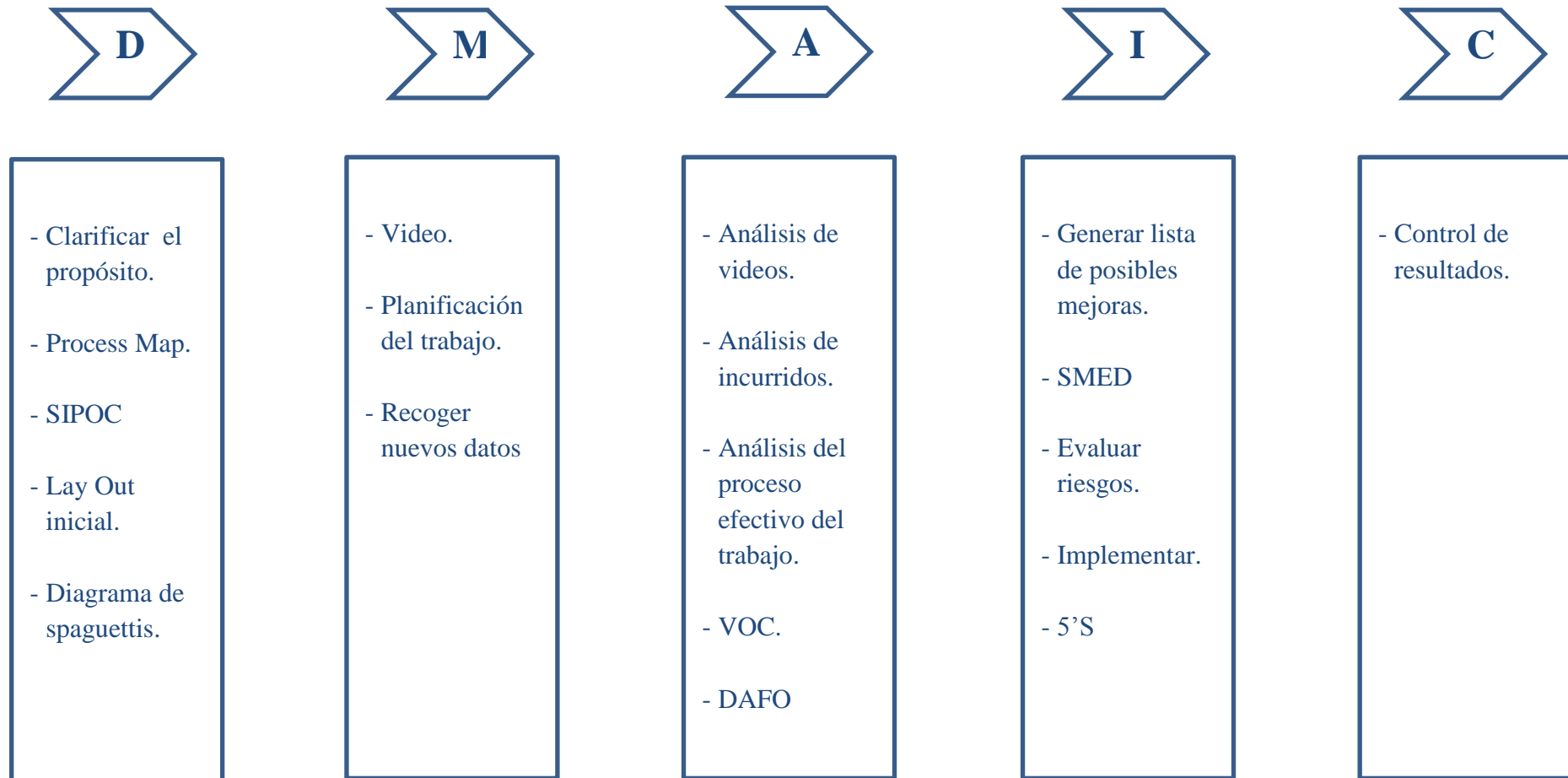
A continuación se realiza el Análisis, A, tanto de los videos (Tabla 2), de los incurridos (tiempo que los operarios fichan en SAP como trabajo sobre dicho motor, mostrados en la Tabla 3), como del proceso efectivo del trabajo (*Ilustración 5.7*). De esta manera, se pretende conocer la situación de la que se parte y cuál es la situación ideal a la que se debe tender. Por último, para comprender cómo funciona la sección se estudia la Voz del Cliente (VOC) y se construye el DAFO (Tabla 4), estableciendo los puntos que deben mejorarse y los que deben mantenerse.

La fase sucesiva es la I, Mejoras, en la cual lo primero que se realiza es un listado con las acciones de mejora (Tabla 5) que se pueden realizar en la sección de limpieza. Esta lista se establece tras el estudio de los videos y gracias a la colaboración de los trabajadores. Tras dicho estudio, se concluye que las jaulas están mucho tiempo paradas tanto a la entrada como a la salida de la línea automática de limpieza, por lo que se decide aplicar la metodología SMED para reducir el tiempo estas paradas y para que el motor esté el tiempo preciso en la sección. Tras esto, se evalúan los riesgos que tiene la sección, mejorando con ello la seguridad de los operarios y su motivación (si mejora su seguridad y comodidad mejorará la motivación, lo cual repercutirá directamente sobre la eficiencia de su trabajo). Para continuar, se evalúan todas las acciones, implantando primero las de

mayor repercusión y descartando las que no vayan a ser efectivas. Dentro de este apartado también se decide implantar tres acciones de TPM (*Ilustración 5.143*, *Ilustración 5.14*, *Ilustración 5.15*), observándose los resultados de esta acción en la Tabla 6. Por último, se aplican las 5'S, con el fin de imponer orden, limpieza y disciplina; para ello, se decide comprar unas estanterías para las mesas (*Ilustración 5.16*) y establecer una plantilla de control (*Ilustración 5.17*) que debe rellenar el jefe de equipo para asegurar que la limpieza y el orden se mantengan. De esta forma, estas prácticas se convertirán en una disciplina rutinaria con el tiempo, pasando a ser de una obligación a una cuestión de actitud.

La última etapa es el Control, C, con la cual se estudiará si los cambios introducidos han tenido el efecto deseado. Para ellos, se vuelve a grabar de nuevo en la sección todas las operaciones realizadas en un motor completo y se analiza de acuerdo con los pasos anteriormente descritos. Al comparar los resultados de ambas grabaciones (Tabla 7) se llega finalmente a dos conclusiones: se consiguió reducir el lead time, incluso más de lo reflejado en el objetivo del proyecto, y la distribución del tiempo empleado ha mejorado acercándose en gran medida a la ideal.

Un resumen de todo este proceso se ve reflejado en la *Ilustración 5.20* que se encuentra a continuación:



*Ilustración 5.20. DMAIC en la sección de limpieza*

## 6. RESULTADOS ESPERADOS Y OBTENIDOS

### 6.1. ANÁLISIS COSTE/BENEFICIO

Con el planteamiento del proyecto se espera obtener una disminución de tiempo en la sección de limpieza del 15% de horas por motor aproximadamente respecto a la situación inicial.

Para poder traducir este tiempo en beneficio para la empresa es necesario estimar el coste horario de un trabajador y el coste de máquina. Dicha estimación será aproximadamente 16.5 €/h por trabajador y 18 €/h por máquina, por tanto el coste horario total que se empleará será alrededor de 34.5 €/h.

Puesto que no se permite dar datos concretos supondremos que el tiempo que se quiere disminuir equivale a 80 horas, es necesario hacer hincapié en que este número de horas es un supuesto y no es equiparable a la realidad. Por lo que si se disminuye 80h y se estima a 34.5€/h el total sería 2760€.

Tras la implantación y la verificación de las acciones de mejora y su posterior control, para mantener las mejoras y convertirlo en un proceso de mejora continua, se observa que el lead time en la sección del estudio ha disminuido un 25%, siendo mayor al tiempo esperado inicialmente. Continuando con el ejemplo anterior disminuir un 25% de lead time equivaldría a 200h, siguiendo el razonamiento anterior se concluye que el ahorro en la sección sería de 6900€.

$$80(h) \times 34.5 \left( \frac{\text{€}}{h} \right) = 2760(\text{€})$$

$$200(h) \times 34.5 \left( \frac{\text{€}}{h} \right) = 6900(\text{€})$$

Tabla 8. Resumen resultados esperados y obtenidos

	ESPERADO	OBTENIDO
<b>%LT reducido (real)</b>	15	25
<b>h reducidas (supuesto)</b>	80	200
<b>€ ahorrados (aproximado)</b>	2760	6900



## 6.2. MEJORAS CON INDICADORES NO ECONÓMICOS

Un indicador se puede definir como una medida sustitutiva de información que ayuda a calificar un concepto que es abstracto, éste se mide en porcentajes, tasas o razones. Sirven para medir o comparar resultados en la ejecución de un proyecto.

Tras la implantación de las mejoras se produce un aumento en la calidad, esto se puede medir con el porcentaje de reprocesos que requiere un motor. Este indicador también representa la disminución de errores y del tiempo de respuesta.

El aumento de la estandarización y del orden se ven reflejados en la disminución de los errores, por lo que queda representado en gran medida por el indicador mencionado en el párrafo anterior. Además estas dos cualidades también producen una mejora en la imagen de la empresa, esto queda caracterizado en las encuestas realizadas por los clientes y proveedores sobre su percepción sobre la misma.

El aumento en la seguridad y salud laboral se mide por el número de lesiones por cuatrimestre provocadas por manejo de piezas pesadas.

El incremento de la participación de los empleados gracias a la implicación, integración y motivación hacia los mismos, queda reflejado en el número de sugerencias mensuales realizadas por los operarios.

El crecimiento de la trazabilidad, del flujo y de la flexibilidad son un reflejo de la mejora en la continuidad del trabajo. Esta característica se caracteriza con la reducción del tiempo de búsqueda de piezas.

La reducción de los desperdicios durante el proceso se representa con el porcentaje de recursos aprovechados.

Por último la modularización del motor, es decir, la división del motor en subconjuntos para ordenar el carro, contribuye a reducir los tiempos muertos, por lo que éste será el indicador adecuado para reflejar las consecuencias de esta acción.

A continuación se representa la Tabla 9, donde se resumen las variaciones en los indicadores antes mencionados, siempre que puedan ser cuantificados.

Tabla 9. Variaciones de los indicadores no económicos

	<i>Situación inicial</i>	<i>Situación final</i>
<b>% Reprocesos por motor</b>	28%	11%
<b>Días de disminución de LT</b>	0	5
<b>Nº sugerencias empleados al mes</b>	2	8
<b>% Recursos aprovechados</b>	56%	82%
<b>% Tiempos muertos</b>	21%	5%

### 6.3. OTRAS VENTAJAS E INCONVENIENTES

En este apartado se tratarán las repercusiones que tiene este proyecto sobre los recursos humanos de la empresa, pues no sólo es necesario saber las ventajas e inconvenientes con indicadores de la empresa (ya sean o no económicos) sino también las consecuencias que tendrán sobre los trabajadores.

Como ventajas se pueden destacar la fomentación del trabajo en equipo y la proactividad, aumento de la motivación de los trabajadores y mejora en la gestión de conflictos, esto último gracias a la estandarización de procesos y al control continuo de la sección.

La formación destaca porque a su vez tiene ventajas, como que los trabajadores se vuelven más especializados, lo que conlleva un aumento en la calidad, productividad y eficiencia disminuyendo el tiempo y los errores; e inconvenientes, pues requiere de una considerable inversión en tiempo y dinero. La formación está íntimamente relacionada con la curva de aprendizaje, *Ilustración 6.1*, lo que ésta nos explica es que a lo largo del tiempo el proceso de aprendizaje se hace más eficaz, esto es debido a que cuantas más veces se repite un proceso, más eficiente se vuelve y menor es su coste (en dinero y tiempo) y el esfuerzo que se requiere.



*Ilustración 6.1 Curva de aprendizaje [26]*

El principal inconveniente que se ha encontrado es el rechazo al cambio de los operarios, siendo ésta la conducta humana más repartida en la sociedad. Esta actitud va disminuyendo conforme fluye la información y los trabajadores se ven involucrados en el proyecto.

## **7. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS**

### **7.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

En el primer capítulo de esta memoria se exponían los objetivos que se pretendían alcanzar al realizar este proyecto. Una vez finalizado éste se puede afirmar que se han cumplido satisfactoriamente.

El principal objetivo era reducir un 15% el Lead Time de la sección de limpieza y mediante la implantación de la metodología DMAIC se ha conseguido la disminución de un 25%, consiguiendo satisfactoriamente y mejorando, por tanto, el objetivo inicial. Esto supone un ahorro de casi 12.000 € en la primera fase del proyecto. Tras esto, los dos próximos años debería aumentarse aún más esta cifra.

Además de reducir el lead time se ha conseguido motivar e incentivar al personal de la empresa, reducir los tiempos muertos por motor, mejorar el aprovechamiento de los recursos (humanos y físicos) y mejorar la imagen de la empresa, entre otros.

Por todo esto, como conclusión se puede decir que el desarrollo del proyecto está siendo satisfactorio y proporcionando muchas ventajas competitivas a la empresa, por lo que se hace indispensable que la involucración de toda la empresa en él sea continua y la información fluya, para que tanto los integrantes del grupo de mejora, como los directivos y los operarios sepan cómo está la empresa y a dónde puede llegar en todo momento.

## 7.2. CONCLUSIONES PERSONALES

La realización del Proyecto Final de Carrera mediante una beca de prácticas profesionales, realizado en el entorno de trabajo de una de las grandes empresas del sector aeronáutico, me ha permitido conocer mis actitudes y aptitudes en el trabajo, mejorar mis capacidades en el ámbito profesional, desarrollar mis habilidades y ser consciente de mis limitaciones.

Dado que he estado durante más de un año en ITP S.A. esta experiencia me ha permitido comprender los métodos y técnicas empleados en la industrialización, organización y control de un proyecto real, así como a desenvolverme en un ambiente empresarial y en grupos de trabajo.

Gracias a este proyecto he logrado obtener una visión global de la empresa y especialmente del área de industrialización, lo que me ha permitido poner en práctica y profundizar en todo lo aprendido durante la carrera y especialmente en mi especialidad, y en menor medida también he tenido la oportunidad de completar mi formación en otras materias que no son de organización industrial, como en química, materiales y mecánica.

Por último, me ha ayudado a tener un conocimiento profundo y detallado de las empresas dedicadas al mantenimiento, de las cuales no tenía nada pues sobre todo en los estudios nos hemos centrado en producción y logística. Teniendo en cuenta que esto supone que es una empresa que ofrece servicios y no producto y se debe gestionar de manera completamente diferente puesto que sus necesidades también lo son.

### 7.3. FUTUROS DESARROLLOS

Tras finalizar este proyecto y conocer el alcance del mismo surgen dos caminos de ampliación para seguir mejorando: en la propia sección y en el resto de secciones. Cabe mencionar que estas líneas no se han desarrollado en este documento por falta de tiempo, puesto que su desarrollo e implementación es a largo plazo.

Dentro de la propia sección es necesario tener una cultura de mejora continua, cuyas bases ya se han implantado en este proyecto. Para ello es necesario realizar continuamente la metodología DMAIC. De esta manera cada vez se entrará con mayor profundidad en cada proceso del semáforo, puesto que este proyecto es la parte inicial y global. Así se podrá determinar con mayor exactitud el proceso y proponer acciones de mejora más específicas.

Cierto es que la sección de estudio es el cuello de botella de la empresa, pero también es posible mejorar en el resto de secciones. Por eso si se quiere crecer empresarialmente y ser competitivos en el mercado es necesario mejorar continuamente en todos los departamentos. Para ello se aplicará DMAIC en el resto de la empresa, comenzando por la siguiente sección más crítica y continuando hasta la última. Siempre que se entre en un departamento es necesario repetir el proceso y no abandonarlo, para poder aplicar la mejora continua, siempre siendo conscientes que debe ser parte de la cultura de la organización y no una imposición u obligación.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 8.1. RECURSOS WEB

- [1] [http://www.toc-lean.com/Lean\\_Thinking.htm](http://www.toc-lean.com/Lean_Thinking.htm)
- [2] <http://www.portaltips.com>
- [3] <http://www.pdcahome.com>
- [4] <http://www.gestion-calidad.com>
- [5] <http://www.mb45.com>
- [6] <http://www.ganttchart.com>
- [7] <http://www.unalmed.edu.co>
- [8] <http://cursos.campusvirtualsp.org>
- [9] <http://calidademprendedora.wordpress.com>
- [10] <http://www.synergyglobal.in>
- [11] <http://www.leansolutions.co>
- [12] <http://www.centrosdeexcelencia.com>
- [13] <http://recursostic.educacion.es>
- [14] <http://www.gestiondetiempo.es>
- [15] <http://www.cyta.com.ar/biblioteca>
- [16] <http://www.rekursosacademicos.net>
- [17] <http://www.novaseo.com.co>
- [18] <http://www.artigraf.com>
- [19] <http://www.eumed.net>
- [20] <http://www.icicm.com>
- [21] <http://www.itp.es>
- [22] <http://www.seguridadaerea.gob.es>
- [23] <http://www.defensa.gob.es>
- [24] <https://www.cdti.es>
- [25] <http://www.directindustry.es>
- [26] <http://www.innovationfactoryinstitute.com>
- [27] <http://www.mbg.com.mx>
- [28] <http://www.eoi.es>
- [29] <http://www.gtwebpublisher.co>
- [30] <http://www.3ciencias.com>
- [31] <http://cursosgratis.aulafacil.comlean-manufacturing>
- [32] <http://www.ceroaverias.com>
- [33] <http://www.cdiconsultoria.es>



## 8.2. OTROS DOCUMENTOS CONSULTADOS

Apuntes de la asignatura *“Complejos Industriales”*, 3º curso de Ingeniería Industrial Superior, Universidad Carlos III de Madrid, 2010.

Apuntes de la asignatura *“Dirección Comercial”*, 5º curso de Ingeniería Industrial Superior, Universidad Carlos III de Madrid, 2012.

Carmen Vázquez Cáceres, *“Optimización y automatización del sistema de alimentación y refrigeración de agua de un banco de pruebas”*, Mayo 2006, Proyecto de Fin de Carrera de la Escuela Politécnica de UC3M.

Gloria Arenas Delgado, *“Implantación de la mejora de procesos y de servicios TIC para la mejora de la gestión de la calidad en una fundación”*, 2010, Proyecto de Fin de Carrera de la Escuela Politécnica de UC3M.

Miguel de Guzmán Ozámiz, *“Para pensar mejor”*, Barcelona 1991, Editorial Labor.

Peter R. Scholtes, *“Cómo liderar: hacer que las cosas sucedan; lograr que las cosas se hagan”*, Bogotá 1999, McGraw-Hill Interamericana.

## 9. ANEXOS

### I. ACRÓNIMOS

**ATA:** Advanced Technology Attachment.

**BAIL:** Beneficio Antes de Intereses e Impuestos.

**CDTI:** Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial.

**DAFO:** Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.

**DIE:** Documentación de Identificación del Envase.

**DIM:** Documentación de Identificación del Motor.

**DMAIC:** Define (definir), Measure (medir), Analyze (analizar), Improve (mejorar), Control (controlar).

**DOE:** Diseño de Experimentos.

**DPMO:** Defectos Por Millón de Oportunidades.

**EFQM:** Fundación Europea para la Gestión de la Calidad.

**END:** Ensayos No Destructivos.

**EPIS:** Equipos de Protección Individual.

**FCC:** Factores Críticos de Calidad.

**FMEA:** Failure Mode and Effects Analysis (Análisis de Modo y Efecto de Falla).

**GE:** General Electric.

**I+D:** Investigación y Desarrollo.

**I+D+i:** Investigación, Desarrollo e Innovación.

**ISO:** International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

**ITP:** Industria de Turbo Propulsores

**KPI:** Key Performance Indicators (Indicadores Clave de Desempeño).

**LIC:** Límite Inferior de Control.

**LSC:** Límite Superior de Control.

**MRS:** Mobile Repair Services (Servicios de Reparación Móvil).

**PDCA:** Plan (Planificar), Do (Realizar), Check (Comprobar), Act (Actuar).

**PFC:** Proyecto de Fin de Carrera.

**PLA:** Proceso de Limpieza Automático.

**PLC:** Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).

**PNI:** Positivo, Negativo e Interesante.

**QFD:** Quality Function Deployment.

**ROE:** Return On Equity (Rentabilidad Financiera).

**RPN:** Risk Priority Numbers (Números de Prioridad de Riesgo).

**SGC:** Sistema de Garantía de Calidad.

**SIPOC:** Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (procesos), Output (salidas), Customers (clientes).

**SMART:** Specific (específico), Measurable (medible), Achievable (alcanzable), Realistic (realista), Time-base (acotado en el tiempo).

**SMED:** Single Minute Exchange of Die (Cambio de modelo en minutos de un solo dígito).

**SNECMA:** Société Nationale d'Étude et de Construction de Moteurs d'Avion (Sociedad Nacional para el Estudio y la Construcción de Motores de Avión).

**SWOT:** Strengths (fortalezas), Weaknesses (debilidades), Opportunities (oportunidades) and Treats (amenazas).

**TDF:** Total de Defectos Factibles.

**TPM:** Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total).

**VOC:** Voz del Cliente.

**WIP:** Work In Process (Trabajo en Proceso).

## II. 6SIGMA

La técnica 6Sigma (Six Sigma) fue desarrollada en 1982 por Bill Smith, ingeniero de Motorola, como una estrategia de negocios y ayuda a mejorar la calidad. Gracias a ésta Motorola ganó en 1988 el premio nacional a la calidad estadounidense, Malcolm Baldrige National Quality Award. Tras su impulso fue mejorada y popularizada por los ingenieros de la empresa General Electric. A partir de 1995 fue el presidente de esta organización quien institucionalizó esta técnica en la compañía y la introdujo en la vida cotidiana.

Esta metodología busca ofrecer productos y/o servicios de una calidad casi perfecta. Es un término estadístico que determina el número de errores o defectos que tiene un proceso, para determinar cómo eliminarlos.

La definición técnica de 6Sigma es que es un término estadístico que significa 3,4 defectos por millón de oportunidades y que representa la desviación estándar de un proceso respecto a su valor medio, así cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos.

***“Seis Sigma es pues, un sistema que combina un fuerte liderazgo con el compromiso y energía de la base, aplicando para ello seis principios fundamentales”.***

### **Principios**

**Principio 1: Enfoque hacia el cliente.-** Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.

**Principio 2: Dirección basada en datos y hechos.-** El proceso se inicia definiendo los indicadores que se van a emplear, tras ello recopilar datos y a continuación realizando el análisis de los datos.

**Principio 3: Los procesos están donde está la acción.-** Debido a que esta técnica se centra en el análisis de los procesos, por lo que si se dominan éstos se lograrán grandes ventajas competitivas para la empresa respecto a la competencia.

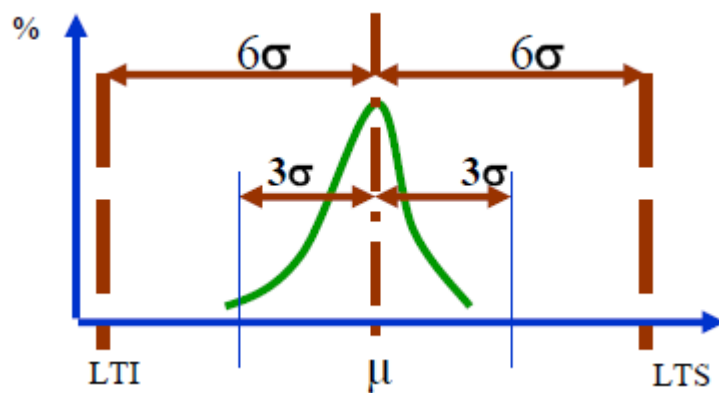
**Principio 4: Dirección proactiva y preventiva, en oposición a la dirección reactiva.-** Implica definir metas objetivas, claras y ambiciosas, centrarse en la mejora de los problemas y cuestionarse continuamente el motivo por el cual se hace todo.

**Principio 5: Colaboración sin barreras.-** Tanto a nivel vertical como horizontal, busca lograr mejorar la comunicación y el trabajo en equipo.

**Principio 6: Búsqueda de la perfección.**- El objetivo de esta metodología es lograr la perfección, o dicho de otra forma, “cero defectos”.

### Determinar el nivel de sigma

Sigma ( $\sigma$ ) cuantifica la variabilidad de los valores respecto al valor medio ( $\mu$ ) y, por tanto, fijados unos límites especificados por el cliente, superior (LTS) e inferior (LTI), respecto al valor central objetivo, cuanto menor sea sigma, menor será el número de valores fuera de dichas especificaciones y, por tanto, el número de defectos que se producen.



*Ilustración 9.1 Sigma respecto al valor medio*

Para calcular el nivel de sigmas de un determinado producto o servicio, se comienza por definir los factores críticos de calidad (FCC), que son determinados por los clientes externos o internos, a continuación se multiplican por la cantidad de productos fabricados, obteniéndose el total de defectos factibles. Se divide los fallos detectados por el total de defectos factibles (TDF) y luego se multiplica por un millón, obteniendo de esta forma los defectos por millón de oportunidades (DPMO). Luego revisando la tabla (*Ilustración 9.2*) de sigma se extraen los niveles de sigma.

Yield	DPMO	Sigma	Yield	DPMO	Sigma	Yield	DPMO	Sigma
6.6%	934,000	0	69.2%	308,000	2	99.4%	6,210	4
8.0%	920,000	0.1	72.6%	274,000	2.1	99.5%	4,660	4.1
10.0%	900,000	0.2	75.8%	242,000	2.2	99.7%	3,460	4.2
12.0%	880,000	0.3	78.8%	212,000	2.3	99.75%	2,550	4.3
14.0%	860,000	0.4	81.6%	184,000	2.4	99.81%	1,860	4.4
16.0%	840,000	0.5	84.2%	158,000	2.5	99.87%	1,350	4.5
19.0%	810,000	0.6	86.5%	135,000	2.6	99.90%	960	4.6
22.0%	780,000	0.7	88.5%	115,000	2.7	99.93%	680	4.7
25.0%	750,000	0.8	90.3%	96,800	2.8	99.95%	480	4.8
28.0%	720,000	0.9	91.9%	80,800	2.9	99.97%	330	4.9
31.0%	690,000	1	93.3%	66,800	3	99.977%	230	5
35.0%	650,000	1.1	94.5%	54,800	3.1	99.985%	150	5.1
39.0%	610,000	1.2	95.5%	44,600	3.2	99.990%	100	5.2
43.0%	570,000	1.3	96.4%	35,900	3.3	99.993%	70	5.3
46.0%	540,000	1.4	97.1%	28,700	3.4	99.996%	40	5.4
50.0%	500,000	1.5	97.7%	22,700	3.5	99.997%	30	5.5
54.0%	460,000	1.6	98.2%	17,800	3.6	99.9980%	20	5.6
58.0%	420,000	1.7	98.6%	13,900	3.7	99.9990%	10	5.7
61.8%	382,000	1.8	98.9%	10,700	3.8	99.9992%	8	5.8
65.6%	344,000	1.9	99.2%	8,190	3.9	99.9995%	5	5.9
						99.99966%	3.4	6

Ilustración 9.2 Tabla de conversión Sigma vs DPMO [27]

## Roles

Para definir los diferentes roles que aparecen en esta metodología se toman prestados la denominación de los diversos niveles que existen en las artes marciales, los cinturones de distintos colores, que se explican a continuación:

**Black Belt** (cinturón negro).- aquellas personas que dedican todo su tiempo en buscar posibles puntos de mejora y oportunidades de cambio. Es el responsable de liderar, motivar, delegar, dirigir, inspirar, etc. a todos los miembros de su equipo. Por ello, es necesario que estas personas tengan conocimientos de estadística, resolución de problemas, calidad y toma de decisiones.

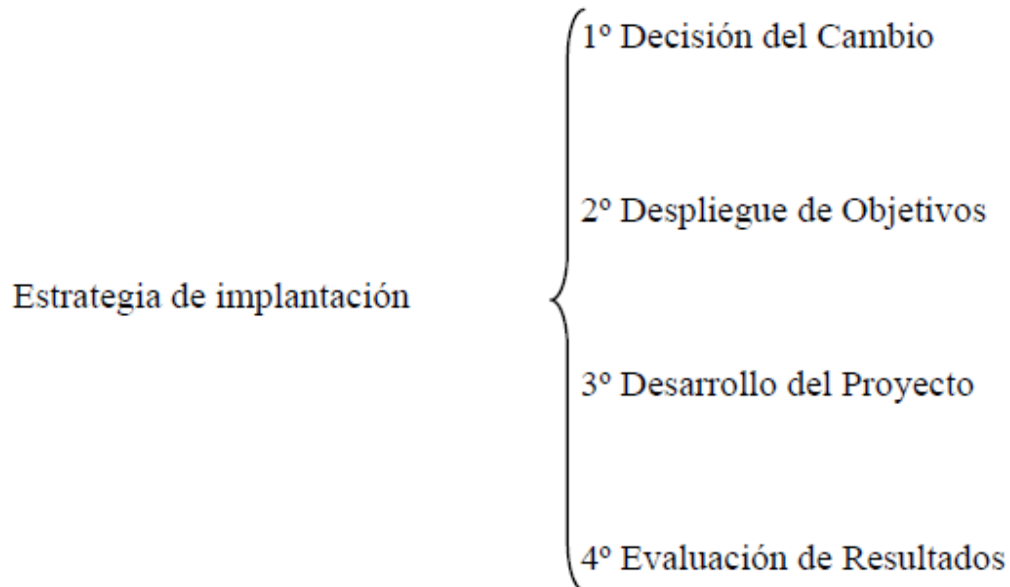
**Green Belt** (cinturón verde).- miembro del equipo que implanta esta técnica y da apoyo al cinturón negro. Su objetivo es aplicar ésta en la empresa diariamente.

**Primer Dan** (maestro cinturón negro).- personas que sirven de mentor, consultor e inspiración para los cinturones negros. La característica principal que poseen es la experiencia en 6Sigma y en los procesos a los que se le aplica.

**Champion** (campeón).- directivo que impulsa al cinturón negro y al equipo de mejora. Su objetivo en la empresa es garantizar que el proyecto esté en concordancia con los objetivos de la empresa.

### **Estrategia de implantación**

Para implantar con éxito la metodología Six Sigma la estrategia se compone de cuatro fases:



*Ilustración 9.3 Etapas de la estrategia de implantación*

La primera etapa, Decisión al Cambio, proviene de la detección de un problema y el convencimiento de la necesidad de cambiar para mejorar y solucionar el problema. Para tomar esta decisión se requiere conocer el mercado, la situación de la empresa, quiénes son y cómo funciona la competencia, etc. Es necesario conocer la situación de la empresa y analizar cuál sería ésta dentro de 10 años, para asegurar que el cambio es necesario.

La siguiente fase, Despliegue de Objetivos, donde es esencial eliminar el pensamiento “los errores son admisibles”, “los errores son propios de la producción” o “no es posible predecir los errores futuros”. En este momento es necesario definir claramente la misión, la visión y los valores de la empresa, para determinar los objetivos del proyecto y que tengan concordancia con los de la empresa en todo momento. Es aquí donde se seleccionan los componentes del equipo, es decir, los cinturones, en función de sus conocimientos, actitudes y aptitudes, formándoles si fuese necesario. Además se establecen los sistemas de información apropiados para el proyecto. Por último, se realizan pruebas piloto, para consolidar los conocimientos adquiridos (si ha habido formación) y para demostrar al resto de la empresa que la metodología consigue los objetivos marcados.

A continuación se llega al Desarrollo del Proyecto, donde es necesario definir los requerimientos de los clientes, ya sean internos o externos. Por lo general es en esta etapa donde se aplica la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implantar y Controlar).

En la última fase, Evaluación de Resultados, se determinan las mejoras obtenidas tras la implantación de los cambios y se analiza la satisfacción de los clientes.

### **Beneficios**

- Mejora el valor para los clientes.
- Mejora de la rentabilidad.
- Mejora de la productividad.
- Acelera el nivel de mejora.
- Realiza cambios en la estrategia.
- Promueve el aprendizaje.
- Genera un éxito sostenido.
- Es una meta para todos los trabajadores de la empresa.
- Aumento de la calidad de los productos o servicios que ofrece la organización.
- Disminución de errores.
- Ahorro en costes.
- Disminución de los tiempos de ciclo.



### III. KAIZEN

El término Kaizen fue desarrollado por los japoneses tras la Segunda Guerra Mundial. Proviene de dos palabras japonesas: “kai” y “zen”, que significan la acción del cambio y el mejoramiento continuo, gradual y ordenado. Adoptar esta metodología es asumir y promover la cultura de mejora continua, la cual se centra en la eliminación de todos los desperdicios y despilfarros de los sistemas productivos. Por tanto, es un reto continuo para mejorar los estándares, enfatizando las necesidades de los clientes para reconocer y reducir los desperdicios y maximizar el tiempo. La frase que quizás represente más adecuadamente el Kaizen es: *“todo proceso de cambio debe comenzar con una decisión y debe ser progresivo en el tiempo, sin marcha atrás”*.

Este método destaca dentro de la Gestión de la Calidad Total y las Técnicas para la Mejora Continua debido a su sencillez y por ser aplicable a todos los niveles, es decir, se puede utilizar tanto en la vida social como en la personal y en el mundo de los negocios. En este último nivel, dicha metodología se caracteriza por desarrollar una cultura y la participación de todos los trabajadores de la organización.

Kaizen recoge las técnicas del Control de Calidad diseñadas por Edgard Deming (genio del siglo pasado en el campo la administración y la gerencia), pero añade una idea nueva, la forma de vida merece ser mejorada de manera constante. El mensaje de estrategia de esta metodología es que no debe pasar un día sin que se haya hecho alguna mejora, a cualquier nivel. Es necesario ser conscientes de que el conformismo y el rechazo al cambio son los enemigos número uno del Kaizen.

Kaizen considera al tiempo un recurso estratégico. Éste es uno de los más escasos dentro de cualquier empresa y, no obstante, uno de los que se desperdician con mayor frecuencia. Además es el único activo irrecuperable (cuando se utiliza nunca volverá a estar disponible para un nuevo uso), siendo común a todas las empresas, independientemente de su tamaño. Se considera el recurso más crítico y valioso de cualquier organización. A pesar de ello, es uno de los activos que en la mayoría de las compañías se maneja con menor cuidado, debido a que el tiempo no aparece en el balance de resultados. Pero el tiempo es un activo administrable y de esto toma nota el Kaizen. La utilización ineficiente del tiempo proporciona como resultado el estancamiento, lo que produce un despilfarro. En cambio, si se utiliza adecuadamente origina que la producción sea más efectiva y menos alarmante. El tiempo al igual que cualquier activo tangible de la empresa también puede ser administrado para darle un uso óptimo.

Una de las herramientas que nacen del Kaizen es la metodología PDCA (Plan, Do, Check, Act), denominada también como círculo de Deming, compuesta por cuatro pasos:

- Plan: se decide el proceso que se quiere mejorar y los objetivos SMART (específico, medible, realizable, realista y limitado en el tiempo) que se desean obtener.
- Do: se revisa el proceso a mejorar, se realizan propuestas, se escoge la más adecuada y se ejecutan las acciones necesarias para llevar a cabo dicha propuesta.
- Check: se comparan los resultados de la situación inicial con los obtenidos tras la implantación de la propuesta para la mejora.
- Act: se corrigen los posibles errores y se incorpora el proceso mejorado al sistema productivo.

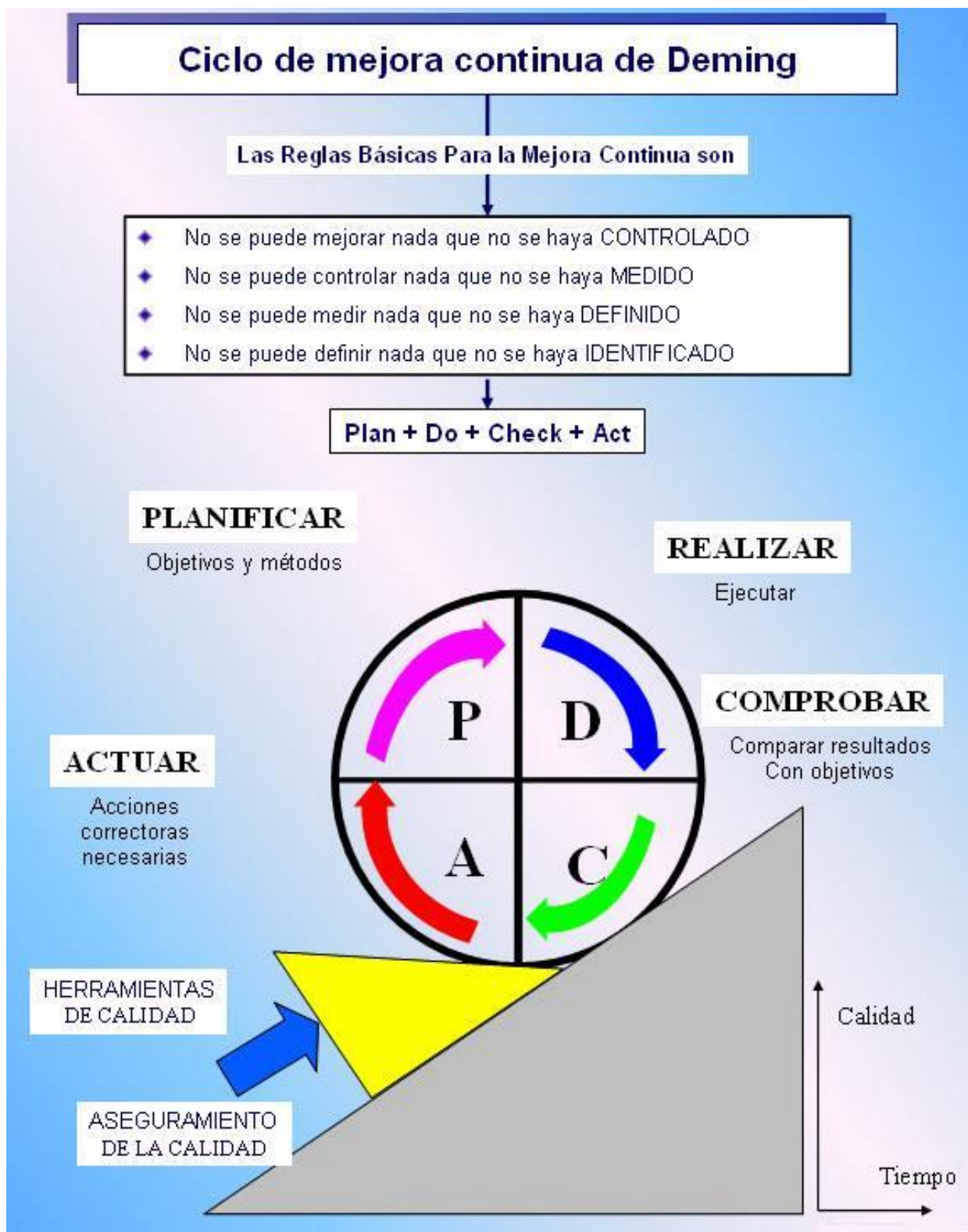


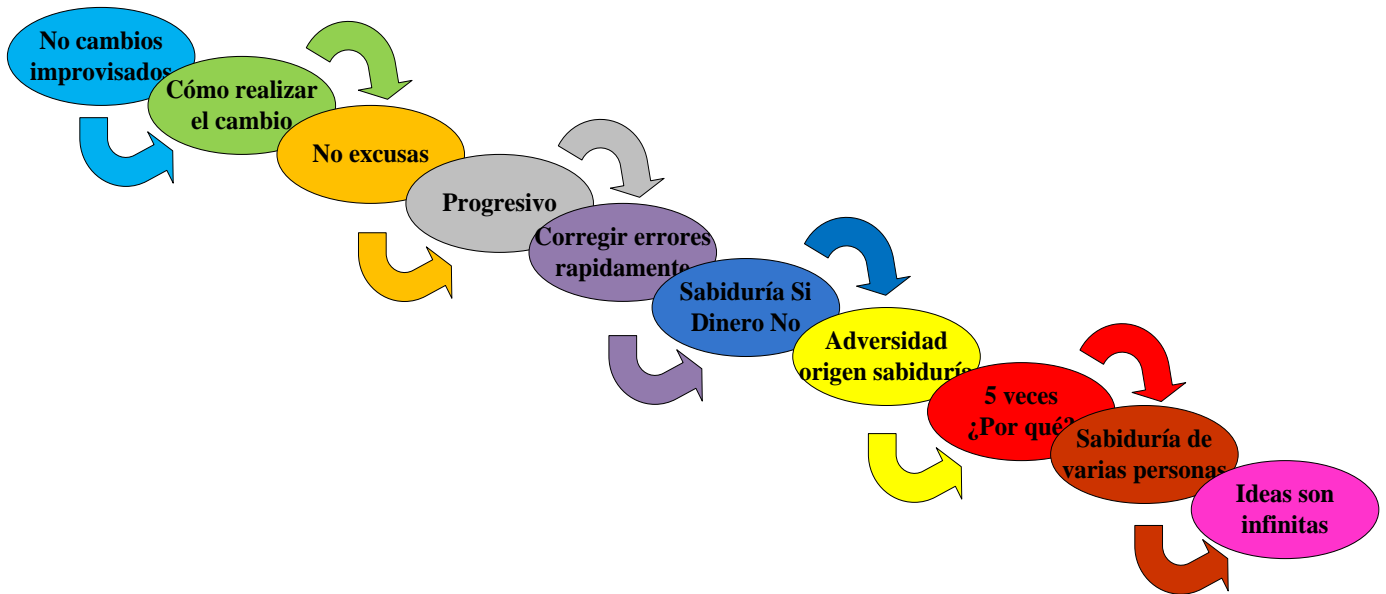
Ilustración 9.4 Círculo de Deming [4]

### **Pasos para la implantación**

1. Seleccionar el tema de estudio.
2. Crear una estructura para el proyecto.
3. Identificar la situación inicial y formular los objetivos.
4. Diagnosticar el problema.
5. Formular el plan de acción.
6. Implantar las mejoras.
7. Evaluar los resultados.

### **Principios básicos para la implantación**

1. Rechazar la idea de realizar cambios improvisados.
2. Reflexionar en cómo realizar los cambios y no en el motivo por el que no se pueden hacer.
3. No poner excusas
4. No buscar conseguir el objetivo inmediatamente, sino progresivamente.
5. Corregir los errores rápidamente.
6. Usar la sabiduría en lugar del dinero.
7. Reconocer que el origen de la sabiduría es la adversidad.
8. Para encontrar las causas de los problemas se debe realizar 5 veces la pregunta ¿Por qué? (técnica de causa-raíz).
9. La sabiduría de varias personas es mejor que el conocimiento de una sola.
10. Las ideas del Kaizen son infinitas.



*Ilustración 9.5 Principios básicos de Kaizen*

### **Beneficios del Kaizen**

- Aumento de la productividad.
- Aumento de la rentabilidad.
- Mejora de la calidad de los productos o servicios.
- Mejora de servicio.
- Mejora la flexibilidad.
- Reducción del inventario.
- Reducción de espacio que se utiliza.
- Reducción del tiempo de producción.
- Reducción de costes.
- Aclaración de los diferentes roles existentes en la compañía.

#### IV. 5S

5S corresponden a las iniciales de cinco palabras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke.

Seiri	Seiton	Seiso	Seiketsu	Shitsuke
整理	整頓	清掃	清潔	躰
Organización	Orden	Limpieza	Control Visual	Disciplina y Hábito
Separar innecesarios	Situar necesarios	Suprimir suciedad	Señalizar anomalías	Seguir mejorando

*Ilustración 9.6 Acrónimo de 5S*

5S es una metodología de calidad, la cual se enmarca dentro de las herramientas utilizadas para obtener calidad en el trabajo, como EFQM, ISO, SGC, etc. También, ayuda a deshacerse de los materiales innecesarios, a que todo esté ordenado, identificado, arregla los desperfectos, elimina los desperdicios y permite que todo esto se mantenga y mejore constantemente.

#### **Objetivos**

- Reducir los errores.
- Reducir las averías en las máquinas.
- Reducir el material en curso y el stock.
- Reducir los accidentes.
- Reducir los desplazamientos.
- Reducir los tiempos de respuesta.
- Reducir el tiempo de cambio de herramientas.
- Ampliar el espacio.

- Mejorar la imagen de la empresa.
- Mejorar el trabajo en equipo y la cooperación.
- Mejorar la identificación y la gestión de los problemas.
- Aumentar el espacio.
- Aumentar el compromiso y la responsabilidad de los trabajadores.
- Aumentar el conocimiento de los operarios sobre el puesto del trabajo.
- Generar una cultura organizacional.

### **Fases operativas**

#### **Seiri (Clasificar)**

El objetivo de esta fase es “Tener lo que se necesita y solo lo que es necesario”. Consiste en encontrar y señalar en el puesto de trabajo (tanto en áreas de producción como en administrativas) todos los artículos que no son necesarios para ejecutar el cometido. Una manera efectiva para esta señalización es la denominada “etiquetado rojo”, en la cual se coloca una etiqueta roja a cada elemento que no sea necesario para la tarea. A continuación se llevan estos componentes a un área de almacenamiento temporal. Tras esto, se debe confirmar que realmente eran innecesarios, dividiéndose en dos clases, los que se pueden reutilizar para realizar otra operación y los que no sirven y deben ser descartados.

Los beneficios que se pueden alcanzar en esta etapa son: liberar espacio en el lugar de trabajo, mejorar el control visual de stocks y de material en curso, preparar los puestos de trabajo para realizar algunas acciones de mantenimiento autónomo, eliminar las pérdidas de elementos o productos que se deterioran por permanecer mucho tiempo en el proceso, en el almacén, etc.

#### **Seiton (Ordenar)**

Su objetivo es “Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio”. Se fundamenta en organizar cada artículo que se ha clasificado en la fase anterior como necesario, para así encontrarlos con facilidad y rápidamente. Algunas opciones para realizar esta fase son: pintar el suelo para delimitar las zonas de trabajo, estanterías modulares, tablas y fotografías del área de trabajo ordenado, etc.

Los beneficios que aporta esta etapa son: disponer de sistemas de control visual, liberar espacio, hacer del lugar de trabajo un sitio más agradable, reducir tiempos de búsqueda, mejorar la información en el puesto de trabajo, aumento de la seguridad, mejora del estado de los equipos, reducir averías de las máquinas, mejora de la presentación y estética de la empresa, etc.

### **Seiso (Limpieza)**

Su objetivo es “Mantener limpia el área de trabajo y los materiales necesarios”. Consiste en eliminar la suciedad de todos los equipos y de la zona de trabajo, implicando la inspección de los equipos, la identificación de averías, escapes, fallos, etc. Además, también incluye diseñar acciones para disminuir o evitar la suciedad y convertir las áreas de trabajo en más seguras.

De esta manera, se convierte en necesario integrar la limpieza como una tarea más en los puestos de trabajo y convertir esta fase en parte de la cultura del trabajo. Para ello, se requiere diferenciar entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento, ya que, aunque sea el mismo operario, las acciones que realiza son diferentes y es imprescindible identificar que trabajo se realiza en cada momento.

Esta etapa proporciona los siguientes beneficios: reducir las probabilidades de errores, fallos y averías, aumentar la vida útil de los equipos, aumento de efectividad, reducir despilfarros, mejora de la calidad del producto, facilidad para encontrar averías...

### **Seiketsu (Estandarizar)**

Su objetivo es “Poder visualizar rápida y claramente las situaciones anómalas”. Permite mantener el orden y la limpieza alcanzado en las fases anteriores. Para crear esta cultura se puede recurrir a diferentes herramientas como: fotografiar el lugar de trabajo y su localización para que sea visto por todos los trabajadores y conocer cuál es el estado en que debe estar el departamento y desarrollar normas para especificar qué debe hacer cada empleado.

Con esta fase se pretende alcanzar los siguientes objetivos: homogeneizar la información, evitar errores en la limpieza, conocer los equipos, mantener la limpieza y el orden, etc.



### Shitsuke (Disciplina)

Su objetivo es evitar que se rompan los procedimientos establecidos y convertir todas las fases anteriores en parte de la cultura (empresarial y de cada operario) y no en obligación. La disciplina está considerada como el camino entre la metodología de las 5S y la mejora continua.

Esta etapa proporciona los siguientes beneficios: crear una cultura y unos hábitos, convertir el lugar de trabajo en un sitio atractivo, crear un comportamiento de mejora continua y de superación, etc.



*Ilustración 9.7 5S [28]*

### Diagrama de implementación por etapas

El diagrama de implementación de las 5S está compuesto por cuatro etapas, las cuales se explican a continuación y tras esto se expondrá un breve resumen.

- ❖ **Limpieza inicial:** se extrae del puesto de trabajo todo material inservible y se realiza una limpieza exhaustiva del mismo, de los equipos y de las máquinas. Requiere dejar un precedente de cómo debe estar continuamente el área de trabajo.
- ❖ **Optimización:** en este momento se debe pensar en cómo mejorar los elementos que son necesarios y que se han quedado tras la etapa anterior, su clasificación, su orden y determinar los focos que crean o tienen problemas de suciedad.
- ❖ **Formalización:** se establecen procedimientos, normas y/o estándares para la clasificación; además de implantar la manera de mantener éstos a la vista de todos los trabajadores y suprimir o disminuir los focos que producen o tienen problemas de suciedad e implantar las gamas de limpieza.
- ❖ **Perpetuidad:** mantener todo lo logrado en las etapas anteriores y tener una cultura de mejora continua.

Tabla 10. Diagrama de implementación por etapas de las 5'S

5'S	LIMPIEZA INICIAL	OPTIMIZACIÓN	FORMALIZACIÓN	PERPETUIDAD
<b>SEIRI</b>	<i>Separar lo que es útil de lo que es inútil</i>	<i>Clasificar las cosas útiles</i>	<i>Revisar y establecer las normas de orden</i>	<i>Estabilizar</i>
<b>SEITON</b>	<i>Tirar lo que es inútil</i>	<i>Definir la manera de dar un orden a los elementos</i>	<i>Colocar a la vista las normas definidas</i>	<i>Mantener</i>
<b>SEISO</b>	<i>Limpiar las instalaciones y las áreas de trabajo</i>	<i>Localizar los lugares difíciles de limpiar y solucionarlo</i>	<i>Buscar las causas de suciedad y remediarlas</i>	<i>Mejorar</i>
<b>SEIKETSU</b>	<i>Eliminar lo que no es higiénico</i>	<i>Determinar las zonas sucias</i>	<i>Implantar las normas de limpieza</i>	<i>Evaluar</i>
<b>SHITSUKE</b>	<i>Acostumbrarse a aplicar la metodología en el equipo de trabajo y respetar los procedimientos</i>			

### **Beneficios**

- Aumento de la seguridad.
- Aumento de la calidad.
- Aumento de la eficiencia.
- Aumento de la confiabilidad de los equipos y de las herramientas.
- Aumento del compromiso y la responsabilidad en las tareas.
- Facilidad para la inspección.
- Facilidad para consultar documentos.
- Facilidad en el control de averías, fugas, obstáculos, etc.
- Mejora de la imagen de la empresa ante el cliente y las auditorías.
- Mejora la identificación y gestión de los problemas.
- Reducción de riesgos de incendio.
- Reducción de pérdidas de tiempo debidos a faltas de organización.
- Reducción de tiempos muertos.
- Reducción de averías en las instalaciones y en las máquinas.
- Reducción de desperdicios y de errores.
- Reducción de stock y material en curso.
- Reducción de accidentes.
- Reducción de desplazamientos.
- Reducción de productos defectuosos.
- El ambiente y entorno al puesto de trabajo se convierten en agradables.
- Contribuye a desarrollar buenos hábitos y a unificar criterios.

**Claves para el éxito.**

- ✓ La dirección debe estar implicada y comprometida con el proyecto.
- ✓ Los participantes deben conocer la metodología y tener la documentación necesaria a la que acudir en caso de dudas.
- ✓ Debe existir una relación fluida y de confianza entre la dirección y los miembros del equipo y viceversa.
- ✓ Es preciso respetar la metodología y su método de implantación, sin saltarse ninguna etapa.
- ✓ Se deben reconocer todas las ideas de los trabajadores.
- ✓ No se debe escatimar en recursos para conseguir los objetivos acordados.
- ✓ Se requiere de trabajo en equipo y de una mejora constante.
- ✓ Es necesario una actitud proactiva, dispuesta a recibir críticas constructivas y abiertas al cambio.

## V. SMED (Single Minute Exchange of Die)

Técnica empleada para reducir el tiempo de máquina de parada en las preparaciones en el sistema de producción. Ésta fue desarrollada por el ingeniero Japonés Sigeo Shingo en la década de los 70. Analizar las operaciones de preparación diferenciando entre operaciones internas (hay que realizarlas con la máquina parada) y operaciones externas (se pueden realizar antes y después de la parada, es decir, durante la máquina en marcha).

Propone unas fases de análisis de las preparaciones orientadas a la reducción del tiempo de paro:

- Reducción que se emplea en el aumento de la disponibilidad de la máquina.
- Reducción que sirve, según el criterio de nivelado, en reducir el tamaño de lote de fabricación.

Técnica Kaizen (Mejora Continua) que permite ampliar la flexibilidad en los procesos productivos, mediante la reducción de tiempos de alistamiento. Sus siglas provienen de Single Minute Exchange of Die o "Simple Minuto de Cambio de Herramienta" (traducido como: "Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito"). Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos, o sea, el tiempo que pasa desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació para lograr la implantación adecuada de la producción Just in Time (Justo a Tiempo).

### **Objetivos del SMED**

- Facilitar la producción en lotes pequeños.
- Rechazar la fórmula de producción del lote económico.
- Alcanzar el tamaño de lote individual.
- Hacer la primera pieza bien cada vez, es decir, todas las piezas bien, sin defectos.
- Cambio de modelo en menos de 10 minutos.
- Aumento de la productividad.

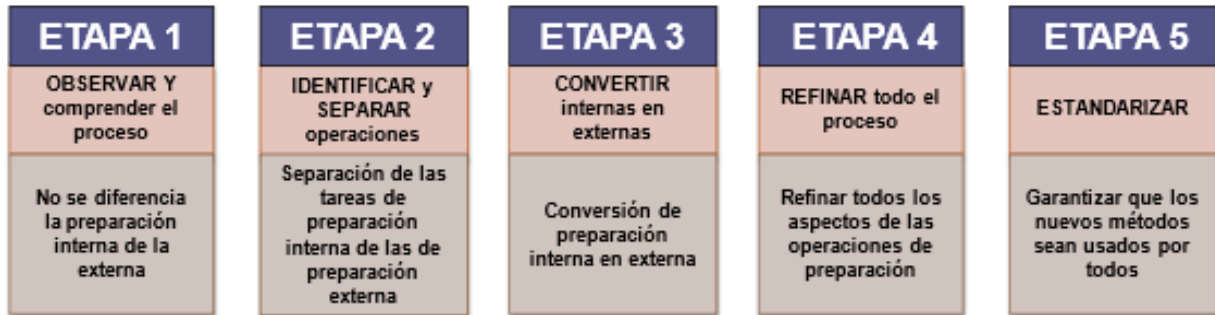
- Disminución de los errores en los procesos de preparación, ejecución y ajuste durante el cambio de herramientas.
- Reducción de los defectos causados por los arranques de proceso.
- Reducción de inventarios por grandes lotes.
- Reducción de los tiempos de entrega.
- Aumento de la flexibilidad en el sistema productivo.
- Ser más competitivos.



*Ilustración 9.8 Objetivos SMED [29]*

## **Pasos en la implementación**

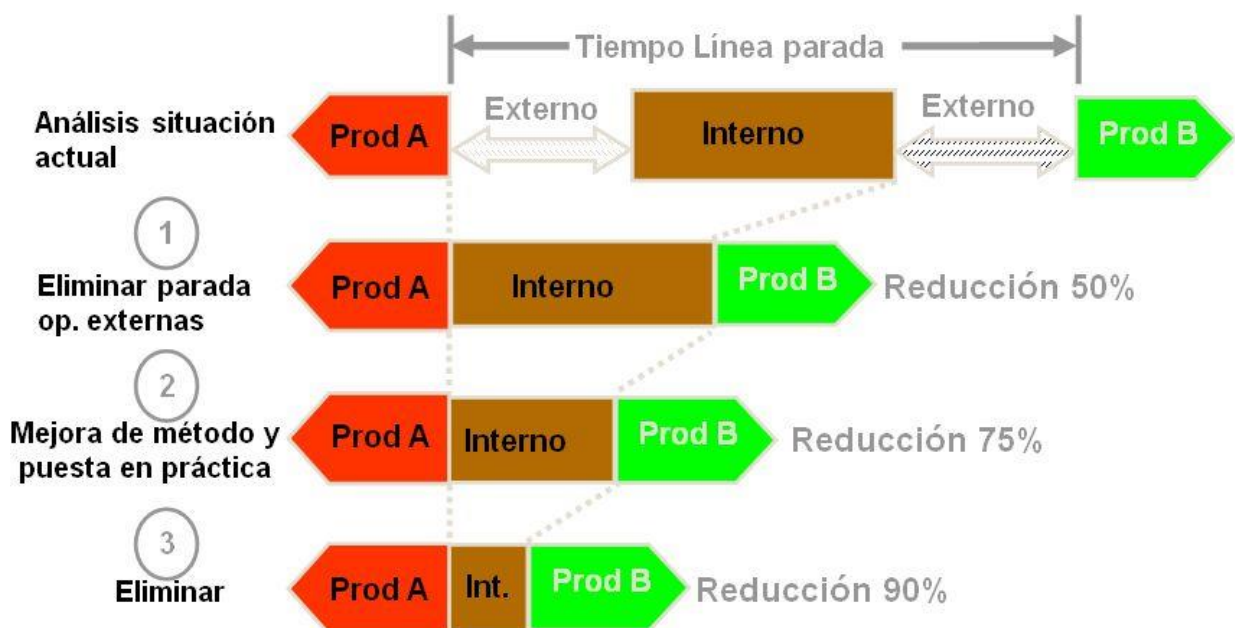
Esta técnica, mostrada en la *Ilustración 9.9*, está dividida en cinco pasos que serán explicados brevemente a continuación:



*Ilustración 9.9 Fases de SMED [30]*

- **Diagnóstico:** consiste en observar y analizar el estado actual de las operaciones que componen el sistema productivo, poniendo en especial atención las operaciones que se realizan en máquinas. Se elabora un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades
  - Registrar los tiempos de cambio:
    - Conocer la media y la variabilidad.
    - Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas.
  - Estudiar las condiciones actuales del cambio:
    - Análisis con cronómetro.
    - Entrevistas con operarios (y con el preparador).
    - Grabación en vídeo.
    - Observación de la grabación por los trabajadores.
    - Sacar fotografías.
- **Primera etapa:** se fundamenta en separar operaciones internas (operaciones que precisan que se pare la máquina) y externas (las cuales pueden hacerse con la máquina funcionando). El objetivo en esta fase es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, por lo que se disminuye el tamaño de los lotes.

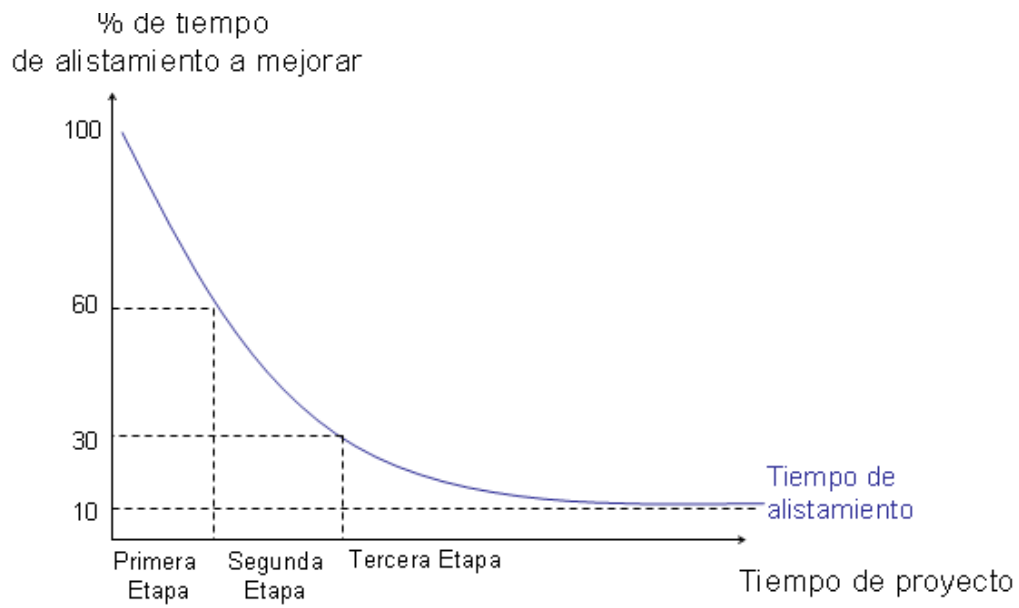
- **Segunda etapa:** su finalidad es convertir, cuando sea posible, las operaciones internas en externas. Realizar todas las acciones necesarias de preparación fuera de la máquina en funcionamiento, para que cuando ésta se pare, rápidamente se haga el cambio necesario, de modo que pueda comenzar a funcionar rápidamente.
- **Tercera etapa:** consiste en la optimización de las operaciones internas y externas. repartiendo equitativamente la carga de trabajo entre todos los operarios que intervienen en el cambio.
- **Estandarización y comunicación:** es preciso realizar nuevas tareas de formación e información, explicando detenida y detalladamente la nueva forma de trabajar, hasta que ésta se convierta en un hábito. Esta fase es muy delicada, puesto que la actitud de las personas a los cambios suele ser negativa.



*Ilustración 9.10 Esquema etapas de implantación SMED [31]*

Tras la implantación de esta técnica se pretende obtener los objetivos deseados, siendo el tiempo invertido inverso a una exponencial, como se muestra a continuación en la *Ilustración 9.11*:





*Ilustración 9.11 Tiempo de mejora con SMED [32]*

## VI. TPM

TPM es el acrónimo de Mantenimiento Productivo Total (del inglés de *Total Productive Maintenance*). Es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo", creado en la Industria de los Estados Unidos. La empresa pionera en introducir estos conceptos fue Nippon Denso Co. Ltd. en el año 1971, pues lo requería para la implantación de la producción *Just In Time*.

Este sistema se fundamenta en la búsqueda continua de la mejora o perfeccionamiento de la eficiencia tanto de los procesos como de los medios de producción, gracias a la implicación específica y diaria de todos los empleados que participan en el proceso productivo. Se basa en los principios de *lean manufacturing*: cero defectos, cero accidentes, cero paradas.

La palabra “total” en el acrónimo incluye, de forma implícita, tres significados relacionados con tres importantes características del TPM:

- Eficacia total: se busca de eficacia económica o rentabilidad.
- Mantenimiento preventivo total: pretende mejorar la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo.
- Participación total: se requiere la involucración de todos los operarios o de pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

### **Objetivos del TPM**

- Implantar una organización corporativa que maximice la eficiencia de los sistemas de producción. Por lo general se trata de alcanzar como mínimo un 80% de la eficiencia global de la planta y mínimo un 90% de la eficiencia global de los equipos.
- Gestionar la empresa con el propósito de reducir las pérdidas e incluso evitarlas durante el sistema de producción.
- Involucrar en la implantación y en el desarrollo a todos los departamentos de la empresa.
- Involucrar en el mismo proyecto a todas las personas que forman parte de la empresa, desde la alta dirección a los operarios de planta.
- Dirigir las acciones hacia los objetivos del proyecto: cero pérdidas, cero accidentes y cero defectos.

- Mantener la calidad del producto y/o servicio aún con todos los cambios que se produzcan debido a este sistema.
- Promover el TPM a través de la motivación y la participación de pequeños grupos de mejora.
- Fortalecer el trabajo en equipo, establecer un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el objetivo de hacer del lugar de trabajo un entorno creativo, seguro y productivo.

## **8 pilares del TPM**

**MEJORAS ENFOCADAS:** también denominado como Kobetsu Kaisen. Pretende incentivar la creación de grupos de trabajo interdisciplinarios para la mejora continua y la resolución de problemas. Estos grupos están enfocados a la eliminación de las pérdidas y a la mejora de la eficiencia de todo el sistema productivo.

**MANTENIMIENTO PLANIFICADO O PROGRESIVO:** conjunto de actividades de mantenimiento orientado a la prevención y eliminación de averías. Engloba el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

**MANTENIMIENTO AUTÓNOMO:** también denominado Jishu Hozen. Realizado por los trabajadores de las máquinas, está basado en operaciones de inspección y pequeñas actuaciones sencillas. Se basa en la prevención del deterioro de los equipos.

**MANTENIMIENTO DE CALIDAD:** también denominado Hinshitsu Hozen. Está fundamentado en actuaciones preventivas sobre los componentes de las máquinas que tienen una alta influencia en la calidad del producto.

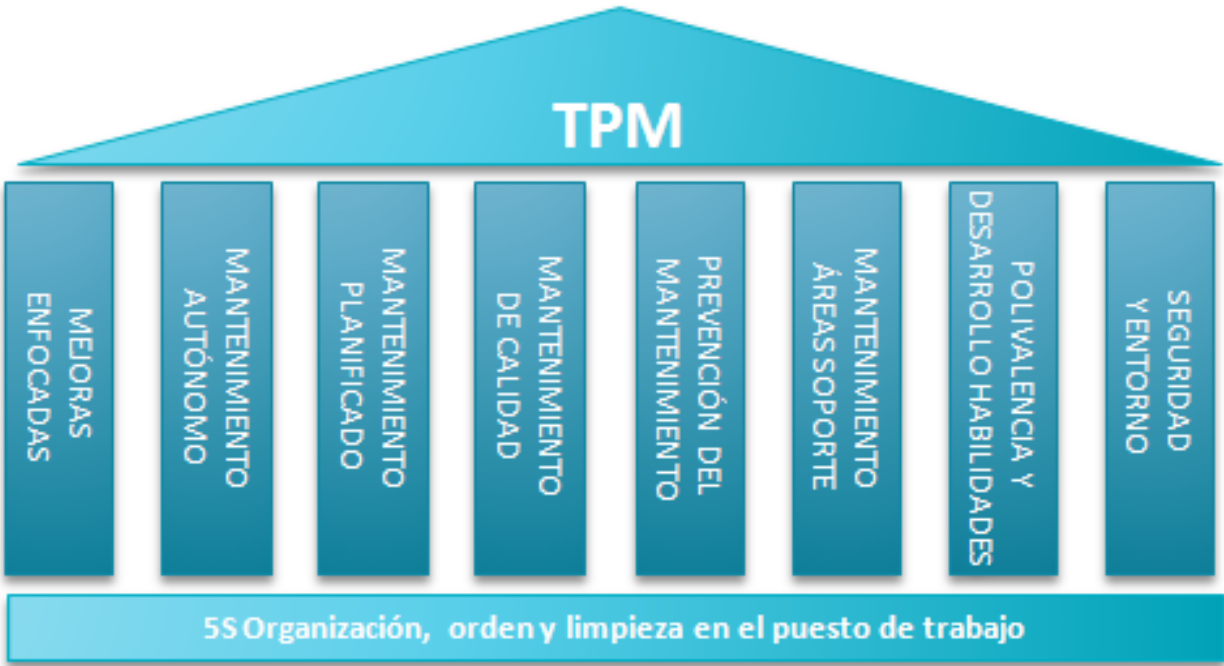
**PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO:** basado en la gestión anticipada de las condiciones que deben reunir todos los equipos y las instalaciones del sistema productivo, para facilitar su mantenimiento durante toda su vida.

**MANTENIMIENTO DE ÁREAS SOPORTE:** su finalidad es involucrar en el proceso a los departamentos de soporte, con el fin de tener su apoyo para asegurar la eficiencia y la implicación global.

**MEJORA DE LA POLIVALENCIA Y HABILIDADES DE OPERACIÓN:** formación constante de todo el personal de producción y de mantenimiento para mejorar sus técnicas y habilidades, por lo que se aumenta su polivalencia y especialización.

**SEGURIDAD Y ENTORNO:** promover la seguridad y la prevención de efectos desfavorables sobre el entorno, cualidad indispensable en las industrias responsables.

Estos pilares se muestran en la *Ilustración 9.12*:



*Ilustración 9.12 TPM [33]*

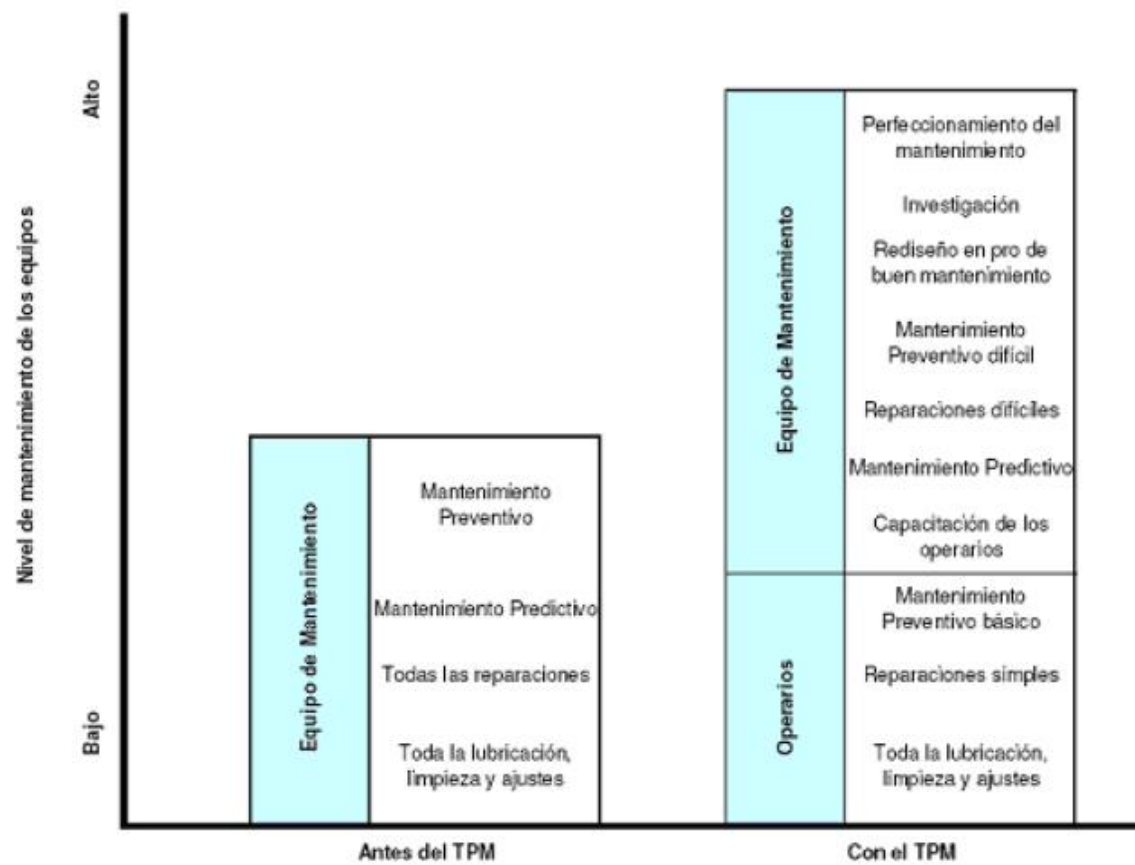
**Etapas de implementación**

La implementación de este sistema se compone de cuatro fases, las cuales se resumen en la Tabla 11:

Tabla 11. Etapas de la implementación del TPM

<b>FASE</b>	<b>ETAPA</b>
<i>Preparación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decisión de aplicar el TPM en la empresa.</li> <li>- Campaña de información.</li> <li>- Análisis de las condiciones existentes y su diagnóstico.</li> <li>Formación de grupos de trabajo.</li> <li>- Planificación.</li> </ul>
<i>Implantación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación.</li> <li>- Implantación de: motivación, competencia y entorno de trabajo.</li> <li>- Prueba piloto.</li> <li>- Determinación y cálculo de ratios e indicadores.</li> <li>- Implementación de las 5S.</li> </ul>
<i>Evaluación</i>	- Análisis de resultados obtenidos.
<i>Estandarización</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estandarización de los resultados.</li> <li>- Proceso continuo de mejora.</li> </ul>

A continuación una imagen donde se muestra el rol de los operarios y del equipo de mantenimiento antes y después de implantar TPM:



*Ilustración 9.13 Rol de operarios y personal de mantenimiento en TPM.*

## VII. ACTIVIDADES DE LAS EMPRESAS AERONÁUTICAS ESPAÑOLAS

La industria aeronáutica española está representada en un amplio abanico de líneas de negocio, entre las que destacan las siguientes:

- ❖ El diseño, la integración y fabricación de aviones de transporte militar de tamaño pequeño y medio.
- ❖ La fabricación de estructuras de avión con materiales compuestos.
- ❖ La fabricación de turbomaquinaria.
- ❖ Las actividades de mantenimiento.
- ❖ Software y soportes electrónicos (para aviónica, tráfico aéreo y simuladores).
- ❖ Ingeniería, fabricación y montaje de componentes.
- ❖ Montaje y mantenimiento de helicópteros.
- ❖ Fabricación del utillaje necesario para el resto de actividades.

La siguiente tabla proporciona una visión global de las actividades que realizan las empresas españolas y el nivel de desarrollo alcanzado en cada una de las líneas de negocio.





	Presencia importante de la industria española/Actividades de liderazgo
	Presencia moderada de la industria española
	Escasa actividad de la industria española
	Ninguna actividad de la industria española

Tabla 12. Inventario de tecnologías [23]

		AVIONES CIVILES			AVIONES MILITARES			AVIONES NO TRIPULADOS	HELICÓPTEROS	
		Grandes Aeronaves	Aviación Regional	Aviación General	Transporte Militar	Multimisión	Combate		Civil	Combate/Militar
AEROESTRUCTURAS	Uillaje									
	Máquina herramienta									
	Estructuras metálicas									
	Estructuras en material compuesto									
	Mecanizado de estructuras y componentes									
	Montaje de conjuntos/ subconjuntos									
	Montaje de estructuras									
AVIÓNICA	Software									
	Equipos embarcados y terrenos									
	Simuladores									
	Sistemas de Actuación y Control									
	Sistemas de Navegación									
	Sistemas de Comunicaciones									
	Sistemas de Misión									
	Sistemas de Autodefensa									
	Electrónica									
	Radares									
	Antenas									
	Bancos integración									



		AVIONES CIVILES			AVIONES MILITARES			AVIONES NO TRIPULADOS	HELICÓPTEROS	
		Grandes Aeronaves	Aviación Regional	Aviación General	Transporte Militar	Multimisión	Combate		Civil	Combate/ Militar
SISTEMAS GENERALES	Sistemas de combustible									
	Sistemas y actuadores hidráulicos									
	Sistemas y actuadores neumáticos									
	Sistemas electrónicos									
	Sistemas de recuperación									
MOTOR	Componentes de motor									
	Subconjuntos de motor									
	Módulos de motor									
	Sistemas de motor									
	Utilaje de motor									
	Ensayos en Banco									

		AVIONES CIVILES			AVIONES MILITARES			AVIONES NO TRIPULADOS	HELICÓPTEROS	
		Grandes Aeronaves	Aviación Regional	Aviación General	Transporte Militar	Multimisión	Combate		Civil	Combate/ Militar
INGENIERÍA	Estudios aerodinámicos y estructurales									
	Diseño y especificación sistemas									
	Ensayos									
	Ingeniería Aeroportuaria									
MANTENIMIENTO	Mantenimiento Motor									
	Mantenimiento operación									
	Sistemas de diagnóstico									
ATM	Sistemas de identificación y vigilancia									
	Sistemas de navegación vía satélite									
	Radars									
	Gestión de información									

A continuación se presentará una tabla que expone la posición que el Estado considera que tendrá la industria española para el año 2015:

	Presencia importante de la industria española/Actividades de liderazgo
	Presencia moderada de la industria española
	Escasa actividad de la industria española
	Ninguna actividad de la industria española

Tabla 13. Prioridades tecnológicas [23]

		AVIONES CIVILES			AVIONES MILITARES			AVIONES NO TRIPULADOS	HELICÓPTEROS	
		Grandes Aeronaves	Aviación Regional	Aviación General	Transporte Militar	Multimisión	Combate		Civil	Combate/ Militar
AEROESTRUCTURAS	Uillaje									
	Máquina herramienta									
	Estructuras metálicas									
	Estructuras en material compuesto									
	Mecanizado de estructuras y componentes									
	Montaje de conjuntos/ subconjuntos									
	Montaje de estructuras									
AVIÓNICA	Software									
	Equipos embarcados y terrenos									
	Simuladores									
	Sistemas de Actuación y Control									

		AVIONES CIVILES			AVIONES MILITARES			AVIONES NO TRIPULADOS	HELICÓPTEROS	
		Grandes Aeronaves	Aviación Regional	Aviación General	Transporte Militar	Multimisión	Combate		Civil	Combate/Militar
AVIÓNICA	Sistemas de Navegación									
	Sistemas de Comunicaciones									
	Sistemas de Misión									
	Sistemas de Autodefensa									
	Electrónica									
	Radars									
	Antenas									
	Bancos Integración									
	Sistemas de Combustible									
SISTEMAS	Sistemas y actuadores hidráulicos									
	Sistemas y actuadores neumáticos									
	Sistemas eléctricos									
	Sistemas de recuperación									
	Componentes de motor									

		AVIONES CIVILES			AVIONES MILITARES			AVIONES NO TRIPULADOS	HELICÓPTEROS	
		Grandes Aeronaves	Aviación Regional	Aviación General	Transporte Militar	Multimisión	Combate		Civil	Combate/ Militar
MOTOR	Subconjuntos de motor									
	Módulos de motor									
	Sistemas del motor									
	Utillaje del motor									
	Ensayos en Banco									
	Estudios aerodinámicos y estructurales									
INGENIERÍA	Diseño y especificación sistemas									
	Ensayos									
	Ingeniería Aeroportuaria									
	Mantenimiento motor									
MANTENIMIENTO	Mantenimiento operación									
	Sistemas de diagnóstico									
	Sistemas de identificación vigilancia									
ATM	Sistemas de navegación vía satélite									
	Radares									
	Gestión de información									

## VIII. LISTADO DE EMPRESAS QUE COMPONEN ITP

### **Industria de Turbopropulsores S.A.**

#### **ITP- Zamudio Sede social/**

#### **Registered Office**

#### **Egoitza Soziala**

Parque Tecnológico 300  
48170 Zamudio (Bizcaia)- España  
Tfno.: +34 94 466 21 00  
Fax: +34 94 466 21 93

[www.itp.es](http://www.itp.es)

### **Industria de Turbo Propulsores, S.A.**

#### **ITP - San Fernando**

Parque Empresarial San Fernando  
Avda. Castilla, 2, Edificio Japón  
28830 San Fernando de Henares  
(Madrid) -España  
Tfno.: + 34 91 207 90 00)

[www.itp.es](http://www.itp.es)

### **Industria de Turbo Propulsores, S.A.**

#### **ITP - Ajalvir**

Ctra. Torrejón-Ajalvir, M-108,  
Km. 3,5 28864 Ajalvir (Madrid)-España  
Apartado de Correos: 111  
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)-  
España  
40.49719 N, -3,47907 O  
Tfno.: + 34 91 205 45 00  
Fax: + 34 91 205 46

[www.itp.es](http://www.itp.es)

### **Industria de Turbo Propulsores, S.A.**

#### **ITP - Albacete**

Parque Aeronáutico y Logístico de  
Albacete  
Carretera de las Peñas (CM3203).  
Km. 5,3 02006 Albacete, ESPAÑA  
Apartado de Correos 7036  
Código Postal 02080  
Fax: +34 610 210 008

[www.itp.es](http://www.itp.es)

### **Industria de Turbo Propulsores, S.A.**

#### **ITP- Sevilla OATB**

Base Aérea de Morón de la Frontera  
Ctra. de Alcalá de Guadaíra- Morón de la  
Frontera, km. 30  
41530, Morón de la Frontera (Sevilla)-  
España  
Tfno.: + 34 955 969 041  
Fax: + 34 667 650 724

[www.itp.es](http://www.itp.es)

### **Industria de Turbo Propulsores, S.A.**

#### **ITP- Getafe FTC**

Paseo John Lennon, s/n  
28906 Getafe (Madrid)-ESPAÑA  
Tel.: + 34 91 624 20 89  
Fax: + 34 91 624 20 91

[www.itp.es](http://www.itp.es)

### **Precicast Bilbao, S.A.**

#### **PCB - Barakaldo**

El Carmen, s/n  
48901 Barakaldo (Bizkaia)-España  
Tfno.: + 34 94 418 43 00  
Fax: + 34 94 418 43 50  
E-mail: [pcb@pcb.es](mailto:pcb@pcb.es)

[www.pcb.es](http://www.pcb.es)

### **Industria de Tuberías Aeronáuticas, S.A.U.**

#### **ITA- Zamudio**

Polígono Industrial Torrelarragoiti,  
parcela 5H, naves 7 a 10  
48170 Zamudio (Bizkaia)-España  
Tfno.: + 34 94 403 65 05  
Fax: + 34 94 403 95 32

### **Turborreactores S.A. de C.V.**

#### **ITR - Querétaro (México)**

Acceso IV, No. 6  
Zona Industrial Benito Juárez  
76120 Querétaro, Qro. México  
Tfno.: + 52 (442) 2 96 39 00  
Fax: + 52 (442) 2 96 39 06  
E-mail: [itr@itmexico.com.mx](mailto:itr@itmexico.com.mx)

[www.itrmexico.com.mx](http://www.itrmexico.com.mx)

**ITP Ingeniería y Fabricación S.A. de C.V.- ITP México**

Acceso IV, No. 6  
Zona Industrial Benito Juárez  
76120 Querétaro, Qro. México  
Tfno.: + 52 (442) 2 96 39 00  
Fax: + 52 (442) 2 96 39 06

**Industria de Tuberías Aeronáuticas México S.A. de C.V.- ITA México**

Acceso IV, No. 6  
Zona Industrial Benito Juárez  
76120 Querétaro, Qro. México  
Tfno.: + 52 (442) 2 96 39 00

**ITP Engines UK Ltd**

**ITP - Whetstone (UK)**

Whittle Estate Cambridge Road,  
Whetstone, Leicester  
LE8 6LH - United Kingdom  
Tfno.: +44 (0) 116 284 5400  
Fax: UK + 116 284 5463  
[www.itp-engines.co.uk](http://www.itp-engines.co.uk)

**ITP Engines UK Ltd**

**ITP - Lincoln (UK)**

Aerospace Manufacturing Facility  
Firth Road, Lincoln, LN6 7AA  
United Kingdom  
Tfno.: +44 1522 563 400  
Fax: +44 1522 563 402  
[www.itp-engines.co.uk](http://www.itp-engines.co.uk)

**ITP Engines UK Ltd**

**ITP - Rugby (UK)**

Mill Road, Rugby - United Kingdom  
[www.itp-engines.co.uk](http://www.itp-engines.co.uk)

**Industria de Turbo Propulsores, S.A.**

**ITP - York (UK)**

Kettlestring Lane  
Clifton Moor · York  
YO30 4XF - United Kingdom  
Tfno.: + 44 1 904 69 06 22  
Fax: + 44 1 904 69 06 53  
E-mail: [itp@itp.demon.co.uk](mailto:itp@itp.demon.co.uk)  
[www.itp.demon.co.uk](http://www.itp.demon.co.uk)

**Component Process & Repair Ltd.**

**ITP - West Sussex (UK)**

Dickinson Place  
South Bersted Business Park  
Bognor Regis  
West Sussex  
PO22 9QU - United Kingdom  
Tfno.: +44 (0) 1243 865 772  
Fax: +44 (0) 1243 860 890  
E-mail: [info@itp-repair.com](mailto:info@itp-repair.com)  
[www.itp-repair.com](http://www.itp-repair.com)

**AeroMaritime America Inc.**

**AeroMaritime - Mesa (USA)**

4927 E. Falcon Drive  
Mesa (Arizona)  
AZ 85215-2545  
Tel.: + 1 480 830 7780  
Fax: + 1 480 830 8988  
[www.aeromarus.com](http://www.aeromarus.com)

**Aeromaritime Med. Ltd.**

**Aeromaritime - Malta**

7, Industrial Estate, Hal Far  
BBG 3000, Malta, [EU]  
Tfno.: + 356 21651778  
Fax: + 356 21651782  
Email: [info@aeromaritime.com](mailto:info@aeromaritime.com)  
[www.aeromaritime.com](http://www.aeromaritime.com)

**ITP - China - Chengdu Office**

Sichuan ChengFa Aero Science  
& Technology Co, Ltd (FAST)  
Cheng-Fa Industrial Park,  
Shulong Road, XinDu District,  
Chengdu, Sichuan, CHINA 610503  
Tfno: +86 28 8935 8746  
Mobile: +86 13308003661

**Reginson Engineering Private Ltd.**

Reginson India  
Plot No 60/A  
IDA Gandhinagar  
Hyderabad 500037  
India

## IX. LISTADO DE EMPRESAS AERONÁUTICAS ESPAÑOLAS

### **A Y G SEVILLA S.L.**

P.I. La Isla C/Río Viejo P.  
41700 Dos Hermanas (Sevilla)

### **ACATEC S.L.**

Avda. Guijar 20  
28500 Arganda del Rey (Madrid)

### **ADVANCED DYNAMIC SYSTEMS S.L.**

C/Albert Einstein 15  
Parque Tecnológico de Álava, Edif.  
CEIA  
01510 Miñano Mayor (Álava)

### **AERLYPER S.A. CTRA.**

Barrio Fortuna S/N  
28054 Madrid

### **AERNOVA S.A.**

C/Leonardo da Vinci 13  
Parque Tecnológico de Álava  
01510 Miñano Mayor (Álava)

### **AEROEPOXY COMPOSITES ANDALUCIA S.L.**

Ctra. Madrid-Cádiz Km. 295  
23710 Jaén

### **AERONÁUTICA DEL SUR S.A.L.**

Ctra. Torreblanca-Mairena Km. 2.6  
Pgo. Ind. Zona Franca  
11011 Cádiz

### **AEROSPACE ENGINEERING GROUP S.L.**

Pgo. Ind. El Campillo S/N  
48509 La Balastera (Vizcaya)

### **AEROTEAM S.L.**

Camino Sangroniz, 6  
48150 Sondica (Vizcaya)

### **AIR FASTER S.L.**

C/General Ricardos, 148  
28019 Madrid

### **AIRBUS ESPAÑA S.L.**

Avda. Jonh Lennon S/N  
28016 Getafe (Madrid)

### **AIRCRAFT INTERIOR**

### **REFURBISHMENT ESPAÑA S.L.**

C/Eduardo Torroja 22, Nave 5  
28820 Coslada (Madrid)

### **ALTA PRECISIÓN INDUSTRIAL MECAÁNICA S.L.**

Avda. De la Recomba 1  
Parque Ind. La Laguna  
28914 Leganés (Madrid)

### **AMPER PROGRAMAS DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES S.A.**

Autovía Andalucía  
Km. 12.7 Pgo. Ind. Ángeles  
28906 Getafe (Madrid)

### **ARIES COMPLEX S.A.**

C/General Rodrigo 6  
28003 Madrid  
Avda. De la Industria 19  
28760 Tres Cantos (Madrid)

### **ARIES INGENIERIA Y SISTEMAS S.A.**

Paseo de la Castellana 163  
28046 Madrid

### **ARITEX CADING S.A.**

C/Progres 319  
08918 Badalona (Barcelona)

### **AVOX HISPANIA S.L.**

C/Brinell 10  
28960 Getafe (Madrid)

### **AYZAR S.A.**

Bo Gardea S/N  
01400 Llodio (Álava)



**BEAT ANDALUCIA S.R.L.**

Avda. De la Aeronáutica, Edif. Helios  
41001 Sevilla

**BOENING ESPAÑA**

C/Serrano, 67  
28006 Madrid

**BOREAS INGENIERÍA Y SISTEMAS  
S.A.**

C/Severo Ochoa, 4  
28760 Tres Cantos (Madrid)

**BURDINBERRI S.L.**

C/Zorrostea, 4  
Pgo. Ind. Ali Gobeo  
01010 Vitoria-Gasteiz (Álava)

**BURULAN S.A.**

C/ Portal Zurbano 27B  
01013 Vitoria-Gasteiz (Álava)

**CAD TECH IBÉRICA S.A.**

C/ María Tubau 5  
28050 Madrid

**CALDERINOX S.A.**

Ctra. Extremadura Km. 474  
41900 Camas (Sevilla)

**CASTILLA Y LEÓN AERONÁUTICA  
S.A.**

C/ Orrón 4  
Pgo. Ind. De Bayas  
09200 Miranda de Ebro (Burgos)

**CAUCHOS PEDRO ROMERO S.L.**

Pgo. Ind. Store, C/B, Nave 20-2  
41008 Sevilla

**CESA**

Pgo. Jonh Lennon S/N  
Apto de Correos 214  
28906 Getafe (Madrid)

**CIMSA-INGENIERIA DE SISTEMAS  
S.A.**

Po de la Habana 26  
28036 Madrid

**COLYAER S.L.**

C/ Pombal, Crta. Sta. María de Adina  
S/N  
36979 Portonovo (Pontevedra)

**COMPOSYSTEM S.A.**

Ctra. Madrid-Toledo, Km. 32400  
45200 Illescas (Toledo)

**CONSUR S.A.**

C/ Miguel del Cid 34  
41002 Sevilla

**CT. INGENIEROS AERONÁUTICOS  
DE AUTOMOCIÓN E INDUSTRIALES  
S.L.**

C/ María Tubau 5  
28050 Madrid

**DEIMOS SPACE S.L.**

Ronda de la Poniente 19  
28760 Tres Cantos (Madrid)

**DESARROLLOS FÉRRICOS S.L.**

C/ General Dávila 5  
28003 Madrid

**DESARROLLOS MECÁNICOS DE  
PRECISIÓN S.L.**

Barrio Plaza S/N, Pgo. Ind.  
20850 Mendaro (Guipúzcoa)

**DISEÑOS ESTILOS Y FABRICADOS  
ESPECIALES S.L.**

Avinguda Diagonal 440  
08037 Barcelona

**DISEÑOS Y TECNOLOGÍA S.A.**

C/ Xarol 8C  
Pgo. Ind. Les Guixeres  
08915 Badalona (Barcelona)

**E&Q ENGINEERING SOLUTIONS  
AND INNOVATION S.L.**

Pza. Estación 2  
28802 Alcalá de Henares (Madrid)

**EADS CONSTRUCCIONES  
AERONÁUTICAS S.A.**

Avda. Aragón 404  
28022 Madrid

**EASY INDUSTRIAL SOLUTIONS S.L.**

C/ Vicario 12  
11500 Puerto de Sta. María (Cádiz)

**EDAG ENGINEERING DESIGN S.A.**

C/ Juan de la Cierva 2  
08760 Mantorell (Barcelona)

**EDV FERROVIARIA AERONÁUTICA  
Y AUTOMOCIÓN S.L.**

C/ Verde de les Feixes 29  
08290 Cerdanyola del Vallés  
(Barcelona)

**ELECTROLESS HARD COAT S.A.**

Crta. Sabadell a Granollers Km. 11.4  
08185 Lliça de Val (Barcelona)

**ELECTRÓNICA ARANJUEZ S.A.**

Raso de la Estrella S/N  
28300 Aranjuez (Madrid)

**ELIMCO SISTEMAS S.L.**

Hispano Aviación Parcela 36  
Crta. N-IV Km. 529  
41309 La Rinconada (Sevilla)

**EMERGE INGENIERÍA S.L.**

C/ Isaac Newton 3  
Cent. Empresas Pab. De Italia  
41092 Sevilla

**ENGINEERING PROTOTYPING S.A.**

C/Juan de la Cierva 2  
Pgo. Ind. La Torre  
08760 Martorell (Barcelona)

**ESTINDEL S.L.**

Mosaico 20  
Pgo. Ind. La Isla  
41703 Dos Hermanas (Sevilla)

**EUROCOPTER ESPAÑA S.A.**

Crta. Del Barrio de la Fortuna 10  
28044 Cuatro Vientos (Madrid)

**EUROPAVIA ESPAÑA S.A.**

C/ Jorge Juan 30  
28001 Madrid

**EXTRUSIONADOS GOYA S.L.**

Pt. San Nicolás Uno, 34  
41300 Sevilla

**FABRICACIONES Y MONTAJES  
MECÁNICOS S.L.**

Pt. Estación 27  
28904 Getafe (Madrid)

**FATRONIK SYSTEM S.A.**

Pgo. Ind. Ibairtarte 1  
20870 Elgoibar (Guipúzcoa)

**GTD INGENIERÍA DE SISTEMAS Y  
DE SOFTWARE S.A.**

PJ García Faria 17  
08005 Barcelona

**GENERAL DE INGENIERÍA INHISET  
S.A.**

Pgo. Ind. "San Marcos"  
C/ Edison 44  
28906 Getafe (Madrid)

**GOI ALDE S.L. PUNTEADOS DE  
PRECISIÓN**

Otaola Hirbidea 3  
20600 Eibar (Guipúzcoa)

**GRABADOS Y MECANIZADOS  
TECNIGRAB S.L.**

C/ Rodio 26  
Parque Comercial Estrella del Sur  
Pgo. Ind. Calonge  
41007 Sevilla

**GRUPO AERONÁUTICO ZONA  
CENTRO S.A.**

C/Cartagena 13  
28320 Pinto  
(Madrid)

**GRUPO MECÁNICA DEL VUELO  
SISTEMAS S.A.**

C/Isaac Newton 11  
Parque Tecnológico de Madrid  
28760 Tres Cantos (Madrid)

**GRUPO TECNOLÓGICO E  
INDUSTRIAL GMW S.A.**

Parque Tecnológico  
C/ Isaac Newton 11  
28760 Tres Cantos (Madrid)

**GUARNICIONERÍA AERONÁUTICA  
HERMANOS ARANDA S.L.**

C/ Ciudad de Alberique 171  
41019 Sevilla

**GUTMAR S.A.**

Acces Metalurgia 53-55  
08908 Hospitalet de Llobregat  
(Barcelona)

**HELICSA HELICÓPTEROS S.A.**

C/ Musgo 3  
28023 Madrid

**HELISURESTE CENTRO DE  
MANTENIMIENTO AERONÁUTICO  
S.A.**

C/ Partida La Almaina 92  
Aeródromo Muchamiel  
03110 Mutxamel (Alicante)

**HEXCEL COMPOSITES S.L.**

Pgo. Ciudad de Paria  
28980 Parla (Madrid)

**HUERCAM S.L.**

C/ Sigüenza 2  
Pgo. Ind. El Palomo  
28940 Fuenlabrada (Madrid)

**IBERIA LÍENAS AÉREAS DE ESPAÑA  
S.A.**

C/ Velazquez 130  
28006 Madrid

**INDALO ACTIVIDADES  
AERONÁUTICAS S.L.**

C/ Cueva de Menga 1, local 26  
41020 Sevilla

**INDEX SERVICIOS DE INGENIERÍA**

C/ Ayuelas 22, Pgo. Ind. Bayas  
09200 Miranda de Ebro (Burgos)

**INDRA SISTEMAS S.A.**

Avda. de Bruselas 35  
28108 Alcobendas (Madrid)

**INDUSTRIA DE  
TURBOPROPULSORES S.A.**

Paque Tecnológico, Edif. 300  
48170 Zamudio (Vizcaya)

**INDUSTRIA ESPECIALIZADA EN  
AERONÁUTICA S.A.**

Pgo. Ind. San Jerónimo 9, Parcela 9  
41015 Sevilla

**INDUSTRIAS CARMORA S.L.**

Pgo. Ind. Cobo Calleja  
C/ Murias 22  
28947 Fuenlabrada (Madrid)

**INDUSTRIAS DELTA VIGO S.L.**

Estda. Redondela-Peinador 34  
36815 Redondella (Pontevedra)

**INDUSTRIAS TEY S.L.**

Pgo. Ind. De Artua S/N  
48609 Atxondo (Vizcaya)

**INFASUR AERONÁUTICA S.L.**

Francia P.I. Trocadero S/N  
11519 Pto.Real (Cádiz)

**INGENIERÍA ACÚSTICA Y  
SERVICIOS S.L.**

C/ Juan Olivert 10  
41309 La Rinconada (Sevilla)

**INGENIERÍA E INTEGRACION  
AVANZADAS (INGENIA) S.A.**

C/ Marie Curie 11, Edif. 6  
Parque tecnológico Calle  
29590 Campanillas (Málaga)

**INGENIERÍA Y SERVICIOS  
AEROSPAZIALES S.A.**

C/ Pintor Rosales 34  
28008 Madrid

**INMAPA AERONÁUTICA S.L.**

Ctra. Magaz, Km. 3.8  
34190 Villamuriel de Cerrato  
(Palencia)

**INNOVAMEK S.L.**

Parque Empresarial Esser  
20850 Garagartza (Guipúzcoa)

**INTEC-AIR S.L.**

Vía Finlandia S/N Recinto interior  
Zona Franca  
11011 Cádiz

**JUPA S.A.**

Ctra. Madrid-Toledo, Km. 43.1  
45210 Yuncos (Toledo)

**LADDES WORKS S.L.**

Monforme 1, Parque Tecnológico de  
Galicia  
32901 San Ciprián (Orense)

**LANGA INDUSTRIAL S.A.**

Dehesa Mari-Martín 41  
28600 Navalcarnero (Madrid)

**LIDAX INGENIERIA S.L.**

Avda. Cristobal Colón 16  
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

**MARTOS J J N S.L.**

Fuente Vieja 12  
28320 Pinto (Madrid)

**MAVE AERONÁUTICA S.L.**

Avda. Ana de Viya 3, Edif. Minerva  
11009 Cádiz

**MECÁNICA INDUSTRIAL BUELNA  
S.L.**

Barrio La agüera S/N  
39409 La Bárcena, San Felices de  
Buelna (Cantabria)

**MECANIZACIONES ESCRIBANO S.L.**

C/ Portugal 52  
Pgo. Ind. Las Acacias  
28840 Mejorada del Campo (Madrid)  
C/ Duero 16  
28840 Mejorada del Campo (Madrid)

**MECANIZADOS GINES S.A.**

Pgo. Ind. De Bayas 4  
09200 Miranda de Ebro (Burgos)

**MECANIZADOS INIGUEZ S.L.**

Ctra. De la Concentración S/N  
41330 Los Rosales, Tocina (Sevilla)

**MECANIZADOS KANTER S.A.**

Zuaznabar Kalea 115  
20180 Oiartzun (Guipúzcoa)

**MECANIZADOS ORTIZ**

28320 Pinto (Madrid)

**MECAPREC S.L.**

Pgo. Ind. Zona Franca  
C/ Algeciras S/N  
11011 Cádiz

**MEDIA CONSULTORES DE  
INGENIERÍA S.L.**

C/ Colquide 6  
28230 Las Rozas de Madrid (Madrid)

**METRALTEC S.L.**

C/ Eiba 13  
01013 Vitoria (Álava)

**MICROFUSIÓN DE ALUMINIO S.A.**

C/ Torrekua 3  
20600 Eibar (Guipúzcoa)

**MIER COMUNICACIONES S.A.**

Pgo. Ind. Congost, Parcela 4-S  
08530 La Garriga (Barcelona)

**MTORRES DISEÑOS INDUSTRIALES S.A.**

Ctra. Pamplona-Huesca, Km. 9  
31119 Torres de Elorz (Navarra)

**MUÑOZ ARRIBAS S.L.**

C/ Orense 49  
28020 Madrid

**NAVAIR S.L.**

Parque Tecnológico Aeroespacial  
AERÓPOLIS N.IV, Km. 528  
C/ Juan Olivert 24-25  
41309 La Rinconada (Sevilla)

**NOVALTI S.A.**

C/ Islas Canarias 69  
48015 Bilbao (Vizcaya)

**NUTER S.A.**

Pgo. Ind. Ali Gobeo  
C/ Urartea 7 Interior  
01010 Vitoria-Gasteiz (Álava)

**PAGE IBÉRICA S.A.**

Pgo. Ind. Tres Cantos  
Avda. de la Industria 24  
28760 Tres Cantos (Madrid)

**PARAFLY S.A.**

C/ Isaac Newton 3  
28760 Tres Cantos (Madrid)

**PRECICAL SAL**

Pgo. Ind. Urtia  
48260 Mallavia (Vizcaya)

**PRECICAST BILBAO S.A.**

C/ El Carmen S/N  
48901 Baracaldo (Vizcaya)

**PROMOCIONES Y  
CONSTRUCCIONES MECANICAS  
MUGARRA S.A.**

Pgo. Ind. Arrriandi  
48215 Irueta (Vizcaya)

**QUIBA S.L.**

C/La Fragua 14  
28944 Fuelabrada (Madrid)

**RADIACIÓN Y MICROONDAS S.A.**

Ctra. Campo Real Km. 2.1  
28500 Arganda del Rey (Madrid)

**RAFAEL Y RAMÓN S.L.**

C/ Gibraltar S/N  
Pgo. Ind. Zona Franca Extrios  
11011 Cádiz

**RAMEM S.A.**

C/ Sambara 33  
28027 Madrid

**RODRISER S.L.**

Ctra. De la Fortuna S/N  
28044 Madrid

**SENER AERONÁUTICA S.L.**

Avda. Zugazarte 56  
48930 Las Arenas (Vizcaya)

**SERRA SOLDADURA S.A.**

C/ D 29, Sector C S/N  
Pgo. Ind. Zona Franca  
08040 Barcelona

**SERVICIOS INTEGRALES  
COORDINADOS S.A.**

C/ María Barientos 19  
08028 Barcelona

**SIEGEL S.A.**

Ribera Zorrotzaurre 15  
48014 Bilbao (Vizcaya)

**SIENERG INSTRUMENTACIÓN S.L.**

Mejorana 19  
28053 Madrid

**SISFLE S.A.**

Pgo. Ind. Olaso 45  
20870 Elgoibar (Guipúzcoa)

**SISTEMAS MECANICOS  
AVANZADOS S.L.**

C/ Sierra Morena 16  
Andalucía Sector I  
28320 Pinto (Madrid)

**SISTEPLANT S.A.**

Parque Tecnológico, Edif. 100  
48170 Zamudio (Vizcaya)

**SK 10 ANDALUCÍA S.A.**

Pgo. Ind. Bahía de Cádiz  
Ctra. Puerto de Santa María-Sanlúcar  
11009 Cádiz

**SOCIEDAD ANDALUZA DE  
COMPONENTES ESPECIALES S.A.**

Ctra. N-IV, Km. 531  
41080 Sevilla  
Apto. De Correos nº 4188  
41080 Sevilla

**SOFITEC INGENIERÍA S.L.**

Avda. Innov, Edif. Sierra Este 1  
41013 Sevilla

**SPORAVIA S.L.**

Aeropuerto de Cuatro Vientos,  
Hangar 1  
28044 Madrid

**SUBCONTRATACIÓN PROYECTOS  
AERONÁUTICOS S.A.**

Pgo. Ind. La Corzanilla S/N  
01211 Berantebilla (Álava)

**TACH S.A.**

Pgo. Ind. El Pino 3  
41016 Sevilla

**TALLER DE TRABAJOS TÉCNICOS  
S.A.**

Avda. General Perón 8  
28020 Madrid

**TALLERES AIBE S.A.**

Gisastu Bide 3  
20600 Eibar (Guipúzcoa)

**TALLERES ALLUS S.A.**

Pgo. Ind. E, nº 68  
20159 Asteasu (Guipúzcoa)

**TALLERES ARATZ S.A.**

C/ Barratxi 37  
Pgo. Ind. De Gamarra  
01013 Vitoria-Gasteiz (Álava)

**TALLERES DUMADI S.L.**

Pgo. Ind. San Marcos  
C/ Morse 15  
28906 Getafe (Madrid)

**TALLERES NACAR S.L.**

C/ Castañoñs  
08302 Mataró (Barcelona)

**TCP SISTEMAS E INGENIERÍA S.L.**

C/ Fernández Caro 7  
28027 Madrid

**TECAER SEVILLA S.L.**

C/ Albert Einstein  
41092 Sevilla

**TECNATOM S.A.**

Avda. Montes de Oca 1  
28709 San Sebastián de los Reyes  
(Madrid)

**TÉCNICAS AERONÁUTICAS  
DEFENSA Y AUTOMOCIÓN S.A.**

Pgo. Ind. Amarilla  
Avda. Prensa 8  
41007 Sevilla

**TÉCNICAS AERONÁUTICAS MADRID  
S.L.**

C/A. Pgo. Ind. 1, nº 51  
28938 Móstoles (Madrid)

**TECNICHAPA MADRID S.A.**

C/Morse S/N  
28906 Getafe (Madrid)

**TECNOBIT S.L.**

Parque Empresarial La Moraleja  
Avda. de Europa 21  
28108 Alcobendas (Madrid)  
C/ Fudre 18  
13300 Valdepeñas (Ciudad Real)

**TECNOLOGÍAS AEROESPACIALES S.A.**

Pgo. Ind. Jundiz  
c/Zurupitieta 7  
01015 Vitoria-Gasteiz (Álava)

**TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL TAUCON S.A.**

c/ Los Olmos 1, Pabellón C  
01013 Vitoria-Gasteiz (Álava)

**TECOMIBER COMPOSITES S.L.**

Río Valdecaba S/N  
45007 Toledo

**TEGRAFI INGENIERÍA S.L.**

c/ Juan Ajuriaguerra 9  
48009 Bilbao (Vizcaya)

**TEKNIKER S.L.**

c/ Canuda 35  
08002 Barcelona

**TELSTAR TECNOLOGÍA MECÁNICA S.L.**

c/ Josep Tapiolas 120  
08226 Terrassa (Barcelona)

**TELVENT INTERACTIVA S.A.**

c/ Tamarguillo 29  
41006 Sevilla

**TRATAMIENTOS SUPERFICIALES IONTECH S.A.**

c/ Gabiria 86  
Pgo. Ind. Ventas  
20305 Irún (Guipúzcoa)

**TRATAMIENTOS TÉRMICOS TTT S.A.**

Elgeta Bidea, Post.130  
20570 Bergara (Guipúzcoa)

**TTI NORTE S.L.**

Avda.Los Castros 1  
39005 Santander (Cantabria)

**TURBAIR S.A.**

c/ Brújula nº 13  
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

**ULTRAMAGIC S.A.**

Aeródromo General Vives S/N  
08711 Odena (Barcelona)